

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
30. Mai 2003 (30.05.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/043966 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: C07C 49/835, (72) Erfinder; und  
A61K 31/122, A61P 35/00 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HILGER, Ralf,  
Axel [DE/DE]; Meisenweg 7, 58256 Eneppetal (DE).  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/12968 DIAZ-CARBALLO, David [DE/DE]; Hufelandstrasse,  
55 SHH/APP.712, 45122 Essen (DE).  
(22) Internationales Anmeldedatum:  
20. November 2002 (20.11.2002) (74) Anwalt: GESTHUYSEN, VON ROHR & EGGERT;  
Huyssenallee 100, 45128 Essen (DE).  
(25) Einreichungssprache: Deutsch  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,  
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,  
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,  
MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU,  
SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.  
(30) Angaben zur Priorität:  
101 57 031.7 21. November 2001 (21.11.2001) DE  
(71) Anmelder und  
(72) Erfinder: SEEGER, Siegfried [DE/DE]; Wolfsbachweg  
22, 45133 Essen (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CLUSIANON ISOMERS AND USE THEREOF

(54) Bezeichnung: CLUSIANONISOMERES UND SEINE VERWENDUNG

| A Spalte 1 (Kontrollen) |                         |   | B Spalte 2 (Substanz (I)) |                        |   |
|-------------------------|-------------------------|---|---------------------------|------------------------|---|
|                         | positiv Kontrolle       | C |                           | positiv Kontrolle      | C |
|                         | negativ Kontrolle       | D |                           | negativ Kontrolle      | D |
|                         | 20 ng Zellkernextrakt   | E |                           | 1,56 g/ml Substanz (I) | F |
|                         | 40 ng Zellkernextrakt   | E |                           | 3,12 g/ml Substanz (I) | F |
|                         | 80 ng Zellkernextrakt   | E |                           | 6,25 g/ml Substanz (I) | F |
|                         | 160 ng Zellkernextrakt  | E |                           | 12,5 g/ml Substanz (I) | F |
|                         | 320 ng Zellkernextrakt  | E |                           | 25,0 g/ml Substanz (I) | F |
|                         | 640 ng Zellkernextrakt  | E |                           | 50,0 g/ml Substanz (I) | F |
|                         | 1280 ng Zellkernextrakt | E |                           | 100 g/ml Substanz (I)  | F |

A... COLUMN 1 (CONTROLS)  
B... COLUMN 2 (SUBSTANCE (I))  
C... POSITIVE CONTROL  
D... NEGATIVE CONTROL  
E... NUCLEUS EXTRACT  
F... SUBSTANCE

(57) Abstract: The invention relates to a clusianon isomer and to the use thereof, in particular as a pharmaceutical or medical active ingredient, in particular for producing medicaments for the prophylactic and/or therapeutic (curative) treatment of tumour or cancer diseases as well as viral diseases. The aforementioned compound can be used in cytostatics and antiviral agents (virostatics). Said compound acts, in particular, as a topoisomerase and telomerase inhibitor and as a regulator in the MAP kinase signal transduction. Said compound can thus intervene at the cellular level in the proliferation mechanism of tumour or cancer cells and viruses.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/043966 A2



(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), curasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Beschrieben ist ein Clusianonisomeres und seine Verwendung, insbesondere als pharmazeutischer Wirkstoff bzw. Arzneimittelwirkstoff, insbesondere zur Herstellung von Arzneimitteln zur prophylaktischen und/oder therapeutischen (kurativen) Behandlung von Tumor- bzw. Krebserkrankungen sowie von Viruserkrankungen. Die zuvor genannte Verbindung kann in Cytostatika und Antivirussmitteln (Virostatika) verwendet werden. Sie wirkt insbesondere als Inhibitor von Topoisomerasen und Telomerasen sowie als Regulator innerhalb der MAP-Kinase-Signaltransduktion und kann auf diese Weise auf zellulärer Ebene in den Vermehrungsmechanismus von Tumor- bzw. Krebszellen und von Viren eingreifen.

## Clusianonisomeres und seine Verwendung

Die vorliegende Erfindung betrifft 1-Benzoyl-8,8-dimethyl-2-hydroxy-3,5,7-tris-(3-methyl-2-butenyl)-bicyclo[3.3.1]non-2-en-4,9-dion einschließlich seiner physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomeren, insbesondere Stereoisomeren, Tautomeren und Konstitutionsisomeren, Derivate, Prodrugs und Metabolite sowie seine Verwendung, insbesondere als pharmazeutischer Wirkstoff bzw. Arzneimittelwirkstoff, insbesondere zur Herstellung von Arzneimitteln zur prophylaktischen und/oder therapeutischen (kurativen) Behandlung von Tumor- bzw. Krebserkrankungen sowie von Viruserkrankungen. Gleichermäßen betrifft die vorliegende Erfindung Arzneimittel bzw. pharmazeutische Zusammensetzungen, insbesondere Cytostatika und Antivirussmitteln (Virostatika), welche diese Verbindung enthalten.

Tumor- bzw. Krebserkrankungen sind kein einheitliches Krankheitsbild, sondern Oberbegriffe für eine Vielzahl verschiedener Formen bösartiger, maligner Erkrankungen. Nahezu jedes Gewebe unseres Körpers kann krebsige Entartungen hervorbringen, manchmal sogar mehrere unterschiedliche Typen. Jedes der Leiden wiederum hat seine eigenen Merkmale. Die Ursachen, die zu diesen Erkrankungen führen, sind oftmals sehr heterogen.

Trotz dieser Verschiedenartigkeit entstehen nahezu alle Tumore bzw. krebsigen Entartungen durch sehr ähnliche, grundlegende molekulare bzw. zelluläre Prozesse. In den letzten zwei Jahrzehnten hat die Forschung erstaunliche Erkenntnisfortschritte erbracht, was die fundamentalsten Prozesse des Krebs- bzw. Tumorgeschehens auf molekularer Ebene anbelangt.

Träger der Erbinformationen sind die DNA-Moleküle der Chromosomen im Zellkern. Zwei Klassen von Genen, die zusammen nur einen kleinen Anteil der gesamten Ausstattung einer Zelle ausmachen, spielen für die Krebsentstehung eine wesentliche Rolle, nämlich insbesondere Proto-Onkogene (Krebsgen-Vorläufer) und Tumorsuppressor-Gene (tumorunterdrückende Gene). In ihrer normalen Form dirigieren sie den Lebenszyklus der Zelle, sie steuern die verwinkelte Abfolge von Vorgängen, durch die sich eine Zelle vergrößert und bei Bedarf teilt. Während Proto-Onkogene das Zellwachstum fördern, wird es durch Tumorsuppressor-Gene gebremst. Zusammen sind diese beiden Klassen von Genen für einen Großteil der unkontrollierten Zellvermehrungsprozesse in

menschlichen Tumoren verantwortlich: Wenn z. B. ein Proto-Onkogen in der Regulator- oder in der Strukturregion mutiert, kann es passieren, daß nun zuviel von seinem wachstumsfördernden Protein hergestellt wird oder daß dieses nun übermäßig aktiv ist; aus dem Proto-Onkogen ist dann ein krebsbegünstigendes Onkogen geworden, das die Zellen zu übermäßiger Vermehrung anregt. Demgegenüber tragen Tumorsuppressor-Gene zur Krebsentstehung bei, wenn sie durch Mutationen inaktiviert werden; als Folge verliert die Zelle funktionsfähige Suppressor-Proteine und damit entscheidende Wachstumsbremsen, die sie normalerweise an einer unangemessenen Vermehrung hindern.

In normalen Körperzellen ist ein Notmechanismus gegen unbegrenzte Vermehrung eingebaut, es handelt sich dabei um eine Art Zählwerk, das jede Zellteilung registriert und nach einer bestimmten Anzahl von Generationen Einhalt gebietet. Nach einer bestimmten, in etwa voraussagbaren Anzahl von Zellteilungen bzw. Verdoppelungen hört das Wachstum normaler Zellen auf. Dieser Prozeß wird als Zellalterung oder Seneszenz bezeichnet.

Für diesen Prozeß der Zellalterung oder Seneszenz auf molekularer Ebene verantwortlich sind die DNA-Segmente an den Enden der Chromosomen, die sogenannten Telomere. Sie registrieren sozusagen, wieviele Vermehrungszyklen eine Zellpopulation durchläuft und leiten ab einem bestimmten Zeitpunkt die Seneszenz bzw. die Krise ein. Dadurch begrenzen Sie die Fähigkeit einer Zellpopulation, uneingeschränkt zu wachsen. In den meisten, gesunden menschlichen Zellen verkürzen sich die Telomeren bei jeder Zellteilung um ein kleines Stück, wenn die Chromosomen repliziert werden. Sind sie auf eine bestimmte kritische Länge geschrumpft, ist das für die Zelle das Signal, in das Seneszenzstadium einzutreten; ignoriert die Zelle die Warnung, verkürzen sich die Telomere weiter, bis es schließlich zur Krise kommt: Bei extrem kurzen Telomeren verknüpfen sich Chromosomen miteinander oder zerbrechen, das angerichtete genetische Chaos ist für die Zelle tödlich.

Der Alterungs- bzw. Seneszenzprozeß in normalen Zellen, d. h. der Verlust des Teilungsvermögens, dem normale Zellen unterliegen, ist also dadurch bedingt, daß Chromosomen in normalen sterblichen Zellen etwa 50 bis 200 DNA-Nucleotide pro Zellteilung an ihren telomeren Enden verlieren. Der Verlust dieser endständigen Nukleotide (Telomere) hat die Funktion einer Art mitotischer

Uhr, welche die Anzahl der Zellteilungen registriert. Der Erhalt der Telomeren scheint für Zellen erforderlich zu sein, um dem Seneszenzprozeß zu entkommen und sich undefiniert teilen zu können.

5 Der zuvor beschriebene Schutzmechanismus ist im Zuge der Entartung bei den meisten Krebs- bzw. Tumorzellen außer Kraft gesetzt, und zwar durch die Aktivierung eines Gens, das die Synthesevorschrift für ein Enzym namens Telomerase enthält. Dieses Enzym vervollständigt systematisch die sich sonst verkürzenden Telomerabschnitte, erhält sie dadurch auf Dauer und ermöglicht der Zelle  
10 eine quasi unbegrenzte Weiterteilung. Bei den meisten Tumor- bzw. Krebserkrankungen resultiert also die Unsterblichkeit der Zellen aus der Beibehaltung kurzer, aber stabiler Telomere aufgrund der Einwirkung von Telomerase. Die resultierende potentielle Unsterblichkeit der Zellen ist in mehrfacher Hinsicht ungünstig: Zum einen trägt sie dazu bei, daß ein Tumor sehr groß werden kann,  
15 und zum anderen gibt sie präkanzerösen oder bereits echten Krebszellen Zeit, weitere Mutationen anzuhäufen, die ihre Fähigkeiten steigern, sich zu vermehren, in andere Gewebe einzudringen und schließlich zu metastasieren.

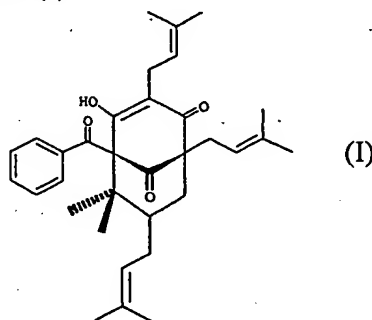
Man hat herausgefunden, daß das unbegrenzte Zellwachstum entarteter Zellen in  
20 circa 80 % aller Tumorerkrankungen auf einer gestörten Regulation der Telomerase basiert. Die Behandlung von Tumor- bzw. Krebserkrankungen über Telomeraseinhibitoren scheint daher eine vielversprechende Therapie für diese Erkrankungen zu ermöglichen. Folglich wurde im Stand der Technik bereits vielfach der Versuch unternommen, Wirkstoffe zur Inhibierung von Telomerase zu entwickeln.  
25

So wird beispielsweise in der WO 00/74667 A2 die Verwendung von Telomeraseinhibitoren (z. B. AZT) in Kombination mit einem die Telomerenzerstörung induzierenden Wirkstoff (z. B. Paclitaxel) zur Krebsbehandlung vorgeschlagen.  
30 Die WO 99/65875 A1 und die US-A-5 863 936 schlagen die Verwendung spezieller heterobicyclischer Systeme als Telomeraseinhibitoren zur Therapie von Krebserkrankungen vor. Catechinderivate, wie sie in der europäischen Offenlegungsschrift EP 0 938 897 A1 beschrieben sind, sollen ebenfalls als Telomeraseinhibitoren zur Krebsbehandlung eingesetzt werden können.

Des weiteren wird gemäß dem Stand der Technik versucht, über andere Mechanismen auf molekularer bzw. zellulärer Ebene in die Vermehrung von Tumor- bzw. Krebszellen einzugreifen: So werden zur Behandlung von Tumor- bzw. Krebserkrankungen gemäß dem Stand der Technik vielfach Alkylierungsreagenzien eingesetzt, die über eine Alkylierung der DNA letztendlich eine direkte Schädigung der DNA der Tumor- bzw. Krebszellen induzieren (z. B. Cyclophosphamid, Ifosfamid, Carmustin, Chlorambucil etc.). Gleichermäßen kommen für die Tumor- bzw. Krebstherapie Substanzen zum Einsatz, die über die Inhibierung von Topoisomerasen in die Replikation der Tumor- bzw. Krebszellen eingreifen (z. B. Camptoceticin, 9-Aminocamptothecin, Irinotecan, Topotecan, Doxorubicin etc.) (vgl. beispielsweise Clive Page et al., Integrated Pharmacology, Mosby, 1997). Während es – neben alkylierenden Wirkstoffen – einige Topoisomeraseinhibitoren in der Klinik gibt, gibt es zur Zeit in der Klinik keinen Wirkstoff zur Behandlung diverser Tumore, welcher über die Inhibition der Telomerase wirkt oder gar die Eigenschaften einer Inhibition der Topoisomerase und der Telomerase vereint.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit in der Auffindung bzw. Bereitstellung eines Wirkstoffes bzw. Arzneimittels, der bzw. das sich insbeson-  
20 dere für die Behandlung von Tumor- bzw. Krebserkrankungen, gegebenenfalls aber auch von anderen Erkrankungen (z. B. Viruserkrankungen), eignet.

Der Anmelder hat nun überraschenderweise herausgefunden, daß die Verbindung der allgemeinen Formel (I)



und ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomere, insbesondere Stereoisomere, Tautomere und Konstitutionsisomere, Derivate, Prodrugs und Metabolite sich insbesondere für die prophylaktische und/oder therapeutische (kurative) Behandlung von Tumor- bzw. Krebserkrankungen eignen.

Ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist somit die Verwendung der zuvor genannten Verbindung der allgemeinen Formel (I) einschließlich ihrer physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomeren, insbesondere Stereoisomeren, Tautomeren und Konstitutionsisomeren, Derivate, Prodrugs und Metabolite zur Herstellung von Arzneimitteln zur prophylaktischen und/oder therapeutischen Behandlung von Tumor- und/oder Krebserkrankungen, und zwar von Menschen wie von Tieren, d. h. sowohl im Bereich der Human- als auch der Veterinärmedizin.

Physiologisch verträgliche bzw. unbedenkliche Salze der Verbindung der allgemeinen Formel (I) können beispielsweise Salze mit Mineralsäuren, Carbonsäuren oder Sulfonsäuren sein; besonders bevorzugt sind z. B. Salze mit Chlorwasserstoffsäure, Bromwasserstoffsäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Methansulfonsäure, Ethansulfonsäure, Toluolsulfonsäure, Benzolsulfonsäure, Naphthalindisulfonsäure, Essigsäure, Propionsäure, Milchsäure, Weinsäure, Zitronensäure, Fumarsäure, Maleinsäure oder Benzoessäure. Als physiologisch verträgliche bzw. unbedenkliche Salze können aber beispielsweise auch Salze mit üblichen Basen genannt werden, wie beispielsweise Alkalimetallsalze (z. B. Natrium- oder Kaliumsalze), Erdalkalisalze (z. B. Calcium- oder Magnesiumsalze) oder Ammoniumsalze, abgeleitet von Ammoniak oder organischen Aminen wie beispielsweise Diethylamin, Triethylamin, Ethyldiisopropylamin, Procain, Dibenzylamin, N-Methylmorpholin, Dihydroabiethylamin, 1-Ephenamin oder Methylpiperidin.

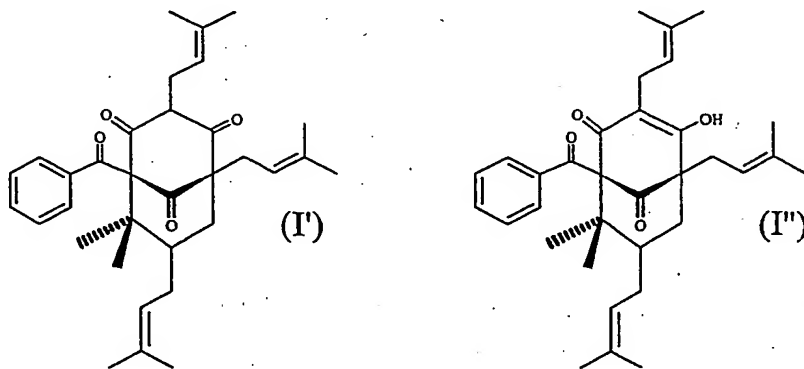
Die vorliegende Erfindung umfaßt auch die Hydrate der Verbindung der allgemeinen Formel (I). Als Hydrate werden erfindungsgemäß solche Formen der Verbindung der obigen allgemeinen Formel (I) bezeichnet, welche in festem oder flüssigem Zustand durch Hydratation mit Wasser eine Molekülverbindung (Hydrat) bilden. In den Hydraten sind die Wassermoleküle durch zwischenmolekulare Kräfte, insbesondere Wasserstoff-Brückenbindungen, angelagert. Feste Hydrate enthalten Wasser als sogenanntes Kristallwasser in stöchiometrischen oder nichtstöchiometrischen Verhältnissen, wobei die Wassermoleküle hinsichtlich ihres Bindungszustands nicht gleichwertig sein müssen. Beispiele für Hydrate sind Sesquihydrate, Monohydrate, Dihydrate, Trihydrate etc. Gleichmaßen kommen erfindungsgemäß auch die Hydrate von Salzen der Verbindung der allgemeinen Formel (I) in Betracht.

Die vorliegende Erfindung umfaßt auch die Isomere der Verbindung der allgemeinen Formel (I). Der Begriff der Isomere im Sinne der vorliegenden Erfindung wird als umfassende Bezeichnung aller möglichen Isomerieformen verwendet. Nichtbeschränkende Beispiele für Isomere, die von der vorliegenden Erfindung mitumfaßt sind, sind insbesondere Stereoisomere, Tautomere und Konstitutionsisomere.

So kann die Verbindung der allgemeinen Formel (I) in Abhängigkeit von dem Substitutionsmuster in isomeren Formen vorkommen, insbesondere als Stereoisomere, z. B. entweder als sich wie Bild und Spiegelbild verhaltende Stereoisomere (Enantiomere) oder aber als sich nicht wie Bild und Spiegelbild verhaltende Stereoisomere (Diastereomere). Die vorliegende Erfindung umfaßt alle stereoisomeren Formen der Verbindung der allgemeinen Formel (I), d. h. sowohl die Enantiomeren als auch die Diastereomeren wie auch deren jeweilige Mischungen. Die enantiomeren Formen lassen sich ebenso wie die Diastereomeren in an sich bekannter Weise in stereoisomer einheitliche Bestandteile trennen.

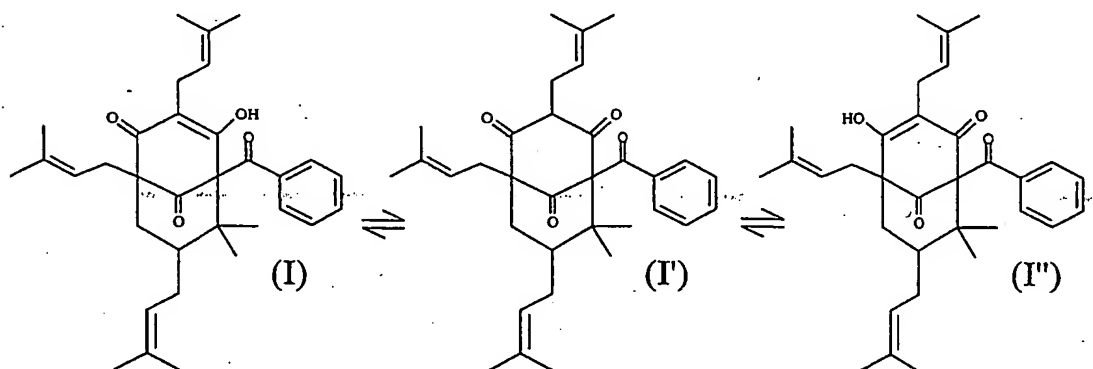
Des weiteren kann die Verbindung der allgemeinen Formel (I) als Konstitutionsisomere, insbesondere Stellungsisomere (Substitutionsisomere), vorliegen. Dies ist dem Fachmann bekannt, und derartige Verbindungen sind ebenfalls vom Umfang der vorliegenden Erfindung umfaßt.

Weiterhin kann die Verbindung der allgemeinen Formel (I) in tautomeren Formen vorliegen. Dies ist dem Fachmann bekannt, und derartige Verbindungen sind ebenfalls vom Umfang der vorliegenden Erfindung mitumfaßt. Beispiele für tautomere Formen sind beispielsweise die folgenden Keto-Enol-Tautomere:





Die Verbindung der allgemeinen Formel (I) ist eines von mehreren Keto/Enol-Tautomeren, welche im Gleichgewicht nebeneinander vorliegen:



- 5 Die vorliegende Erfindung umfaßt auch Derivate der Verbindung der allgemeinen Formel (I) (so z. B. Ether wie Alkylether, wie z. B. Methyläther, die beispielsweise durch Alkylierung der tautomeren Formen (I) bzw. (I') erhalten werden können). Erfindungsgemäß besonders bevorzugte Derivate der Verbindung der allgemeinen Formel (I) sind die pegylierten Derivate, insbesondere die Polyalkylenglykolether, vorzugsweise Polyethylenglykolether (PEG-Ether), der tau-
- 10 tomeren Formen (I) und (I'). Des weiteren sind auch chemische Modifikationen möglich, insbesondere in bezug auf die Substituenten (z. B. durch Seitengruppenderivatisierung).
- 15 Gleichermassen umfaßt die vorliegende Erfindung auch Prodrugs und Metabolite der Verbindung der allgemeinen Formel (I). Als Prodrugs werden erfindungsgemäß insbesondere solche Formen der Verbindung der obigen allgemeinen Formel (I) bezeichnet, welche selbst biologisch aktiv oder inaktiv sein können, jedoch in die entsprechende biologisch aktive Form überführt werden können (be-
- 20 spielsweise metabolisch, solvolytisch oder auf andere Weise). Als Metabolite werden erfindungsgemäß insbesondere die aus dem Stoffwechsel resultierenden oder die im Stoffwechsel umgesetzten Produkte der Verbindung der allgemeinen Formel (I) bezeichnet.
- 25 Die Verbindung der allgemeinen Formel (I) ist ein Naturstoff und beispielsweise durch chromatographische Abtrennung aus dem Propolisextrakt karibischer Bienen erhältlich. Propolis ist eine dunkelgelbliche bis hellbraune, harzartige, zwi-

schen den Fingern erweichende Masse mit würzig-balsamischem Geruch, die von Bienen insbesondere von den Knospen von Blüten gesammelt und im Bienenstock als Überzug der Wände und zum Befestigen der Waben benutzt wird. Propolis ist chemisch sehr komplex aufgebaut, und seine Zusammensetzung ist von der jeweiligen lokalen Flora abhängig. Propolis enthält mehr als zweihundert verschiedene chemische Substanzen, hierunter größere Anteile Wachse und Harze, etherische und aromatische Öle sowie eine Vielzahl anderer chemischer Substanzen, hierunter beispielsweise Flavonoide, Kaffeesäurederivate und im Fall des karibischen Propolis die Verbindung der allgemeinen Formel (I).

Des weiteren kann die Verbindung der allgemeinen Formel (I) alternativ auch direkt aus dem Pflanzensaft bzw. -harz verschiedener *Clusia*-Arten, Familie der Clusiaceae oder Guttiferae, isoliert werden, beispielsweise aus *Clusia grandiflora*, *Clusia rosea* oder *Clusia renggerioides* (z. B. aus dem Harz, dem Latex, den Blättern, der Blüten etc.). Für die Abtrennung von Clusianonen und Clusianonderivaten aus dem Pflanzensaft bzw. -harz verschiedener *Clusia*-Arten kann im Hinblick auf die allgemeinen Methoden auch auf die folgende Literatur verwiesen werden, deren gesamter Inhalt hiermit durch Bezugnahme eingeschlossen ist: A. J. Marsaioli et al. "The Ecosystem of Microorganisms, Bees, and *Clusia* Floral Resin and Oils, from the Chemistry Point of View", Pure Appl. Chem., Band 70, 11, Seiten 2116 ff. (1998); C. M. A. de Oliveira et al. "Two polyisoprenylated benzophenones from the floral resins of three *Clusia* species", Phytochemistry 50 (1999), Seiten 1073-1079; A. L. M. Porto et al. "Polyisoprenylated benzophenones from *Clusia* floral resins", Phytochemistry 55 (2000), Seiten 755-768; L. E. McCandlish et al. "The Structures of Two Derivatives of Bicyclo[3.3.1]nonane-2,4,9-trione. A Natural Product: Clusianone,  $C_{33}H_{42}O_4$ , and Trimethylated Catechinic Acid,  $C_{18}H_{20}O_6$ " in Acta Cryst. (1976) B32, Seiten 1793-1801; M. H. Santos et al. "Efeito de constituintes químicos extraídos do fruto de *Rheedia gardneriana* (bacupari) sobre bactérias patogênicas" in Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences (Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas), Band 35, Nr. 2, Juli/Dezember 1999, Seiten 297-301; M. H. Santos et al. "Epclusianon: A New Natural Product Derivative of Bicyclo[3.3.1]nonane-2,4,9-trione", Acta Cryst. (1998), C54, Seiten 1990-1992; und F. delle Monache et al. "Prenylated Benzophenones From *Clusia Sandiensis*", Phytochemistry, Band 30, Nr. 6, Seiten 2003-2005 (1991).

Bislang ist es aber noch nicht gelungen, die Verbindung der allgemeinen Formel (I) als Reinstoff zu isolieren oder zu synthetisieren. Dies ist erstmals dem Anmelder der vorliegenden Erfindung gelungen.

5 Der Anmelder hat nun völlig überraschend herausgefunden, daß die Verbindung der allgemeinen Formel (I) einschließlich ihrer physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomeren, insbesondere Stereoisomeren, Tautomeren und Konstitutionsisomeren, Derivate, Prodrugs und Metabolite ein nicht vorhersehbares, wertvolles pharmakologisches Wirkspektrum zeigt und sich daher zur Prophylaxe und/oder Behandlungen von Erkrankungen, insbesondere Krebs- bzw. Tumorerkrankungen aller Art, aber auch von Viruserkrankungen aller Art, eignet.

15 Die Verbindung der allgemeinen Formel (I) einschließlich ihrer physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomeren, insbesondere Stereoisomeren, Tautomeren und Konstitutionsisomeren, Derivate, Prodrugs und Metabolite kann folglich bevorzugt eingesetzt werden in Arzneimitteln zur Prophylaxe und/oder Behandlung von Erkrankungen, vorzugsweise von Tumor- und Krebserkrankungen (Cytostatika) und von Viruserkrankungen (Antivirusmittel bzw. Virostatika).  
20 Weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind somit auch pharmazeutische Zusammensetzungen oder Arzneimittel, insbesondere Cytostatika oder Antivirusmittel (Virostatika), welche die Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomere, insbesondere Stereoisomere, Tautomere und Konstitutionsisomere, Derivate, Prodrugs und Metabolite, vorzugsweise in therapeutisch wirksamen Mengen, zusammen mit einem pharmazeutisch verträglichen, im wesentlichen nicht-toxischen Träger oder Exzipienten enthalten.

30 Der Anmelder hat überraschend herausgefunden, daß die Verbindung der allgemeinen Formel (I) unter anderem als Topoisomeraseinhibitor, insbesondere als Inhibitor von Topoisomerase I, wirkt. Des weiteren zeigt sie im allgemeinen auch eine telomeraseinhibitorische Wirkung. Letztendlich induziert die erfindungsgemäß eingesetzte Verbindung der allgemeinen Formel (I) die Zerstörung der DNA in Tumor- bzw. Krebszellen.

Die topoisomeraseinhibitorische und telomeraseinhibitorische Wirkung der erfindungsgemäß verwendeten Verbindung der allgemeinen Formel (I) ist deutlich höher als bei den aus dem Stand der Technik bekannten Verbindungen. So zeigt beispielsweise die Verbindung der allgemeinen Formel (I) in in-vitro-Versuchen  
5 eine erheblich stärkere Inhibition von Topoisomerase I als herkömmliche Therapeutika (z. B. Topotecan). Zusätzlich wirkt die Verbindung der allgemeinen Formel (I) auch über die Regulation innerhalb der MAP-Kinase-Signaltransduktion.

Die Tatsache, daß die Verbindung der allgemeinen Formel (I) die Eigenschaften der Inhibition von Topoisomerase und Telomerase vereint, erklärt ihre wertvollen Eigenschaften und ihre besondere Eignung in bezug auf ihre Verwendung zur prophylaktischen und therapeutischen (kurativen) Behandlung von Tumor- und  
10 Krebserkrankungen aller Art (Primärtumore, Metastasen, Präkanzerosen bzw. Krebsvorstufen, benigne wie maligne Tumore etc.). Aus dem Stand der Technik dagegen ist kein Wirkstoff bzw. kein Präparat bekannt, welches die Eigenschaften der Inhibition von Topoisomerase einerseits und Telomerase andererseits in einem einzigen Molekül vereint.

Der erfindungsgemäß verwendete Wirkstoff der allgemeinen Formel (I) zeigt nicht nur antitumorale Wirkung, sondern zusätzlich auch antimetastatische Wirkung.  
20

Der erfindungsgemäß verwendete Wirkstoff der allgemeinen Formel (I) zeigt überraschend auch gegenüber Karzinomen, welche gegen etablierte Chemotherapeutika definierte Resistenzen aufweisen, eine unerwartet gute cytostatische Wirkung. Weiter wurden keine Resistenzen gegen den Wirkstoff der allgemeinen Formel (I) beobachtet. Des weiteren hat der erfindungsgemäß verwendete Wirkstoff der allgemeinen Formel (I) den Vorteil, daß er keine Kreuzresistenzen zu  
25 bereits etablierten Medikamenten bzw. Chemotherapeutika zeigt.

Als nicht beschränkende Beispiele für Tumor- bzw. Krebserkrankungen, für deren Behandlung die Verbindung der allgemeinen Formel (I) eingesetzt werden kann, lassen sich die folgenden Erkrankungen nennen: Darmkrebs (Kolonkarzino-  
35 me), Brustkrebs (Mammakarzinome), Ovarialkarzinome, Uteruskarzinome, Lungenkrebs, Magenkrebs, Leberkrebs, Pankreaskarzinome, Nierenkrebs, Bla-

senkrebs, Prostatakrebs, Hodenkrebs, Knochenkrebs, Hautkrebs, Kaposi-Sarkome, Hirntumore, Myosarkome, Neuroblastome (z. B. Retinoblastome), Lymphome und Leukämien.

5 Der Anmelder hat weiterhin herausgefunden, daß es in bestimmten Fällen vorteilhaft sein kann, die Verbindung der allgemeinen Formel (I) und/oder ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomere, insbesondere Stereoisomere, Tautomere und Konstitutionsisomere, Derivate, Prodrugs und Metabolite in  
10 Kombination mit mindestens einem weiteren Chemotherapeutikum, insbesondere einem Proteinkinaseinhibitor, vorzugsweise einem MAP-Kinase-Inhibitor, einzusetzen bzw. zu verabreichen. Besonders gute Ergebnisse in der Therapie von Krebs- und Tumorerkrankungen können mit einer Kombination aus der Verbindung der allgemeinen Formel (I) und/oder ihrer physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomeren, insbesondere Stereoisomeren, Tautomeren und Konstitutionsisomeren, Derivaten, Prodrugs und Metabolite einerseits und einem  
15 Proteinkinaseinhibitor, vorzugsweise MAP-Kinase-Inhibitor, andererseits erzielt werden. Derartige Kombinationen wirken überraschenderweise synergistisch.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist somit auch eine pharmazeutische  
20 Kombination, insbesondere cytostatische Kombination, die

(A) die Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomere, insbesondere Stereoisomere, Tautomere und Konstitutionsisomere, Derivate, Prodrugs und  
25 Metabolite; und

(B) mindestens ein weiteres Chemotherapeutikum, insbesondere einen Proteinkinaseinhibitor, vorzugsweise MAP-Kinase-Inhibitor,  
30 umfaßt.

Die einzelnen Komponenten (A) und (B) der erfindungsgemäßen Kombination können entweder gleichzeitig oder aber zeitlich abgestuft angewandt bzw. verabreicht werden. Die pharmazeutische Kombination kann die Komponenten (A)  
35 und (B) entweder als funktionelle Einheit, insbesondere in Form einer Mischung, eines Gemisches oder eines Gemenges, oder aber (räumlich) getrennt voneinander umfassen.

Proteinkinaseinhibitoren wirken, wie ihr Name schon sagt, inhibierend in bezug auf die Aktivität von Proteinkinasen, d. h. Enzyme, welche die  $\gamma$ -Phosphatgruppen von ATP auf Tyrosin- oder Serin- und Threonin-Seitenketten übertragen. Für die erfindungsgemäße pharmazeutische Kombination und die erfindungsgemäße Kombinationstherapie insbesondere von Tumor- bzw. Krebs-  
5 erkrankungen eignen sich Proteinkinaseinhibitoren aller Art, z. B. alle aus dem Stand der Technik bekannten Proteinkinaseinhibitoren (z. B. bestimmte niedermolekulare heterocyclische Inhibitoren wie Staurosporin, 2'-Amino-3'-methoxyflavon, 1,4-Diamino-2,3-dicyano-1,4-[2-aminophenylthio]butadien, SB 203580 von SmithKline Beecham etc.). Hierbei kann ein synergistischer Effekt beobachtet werden.

Für die erfindungsgemäße pharmazeutische Kombination und die erfindungsgemäße Kombinationstherapie von Tumor- bzw. Krebserkrankungen besonders bevorzugt ist die Verwendung von MAP-Kinase-Inhibitoren. MAP-Kinase-Inhibitoren wirken, wie ihr Name schon sagt, inhibierend in bezug auf die Aktivität von MAP-Kinasen (MAP = mitogen activated protein), d. h. Enzyme, welche insbesondere bei der Mitose aktiv sind und die endständigen Phosphatreste von Nucleotidtriphosphaten auf entsprechende Substrate übertragen. Auf diese Weise  
20 verhindern MAP-Kinase-Inhibitoren die Mitose und damit die Zellteilung von Krebs- bzw. Tumorzellen. Für die erfindungsgemäße pharmazeutische Kombination und die erfindungsgemäße Kombinationstherapie insbesondere von Tumor- bzw. Krebserkrankungen eignen sich MAP-Kinase-Inhibitoren aller Art, z. B. alle aus dem Stand der Technik bekannten MAP-Kinase-Inhibitoren. Beispiele für erfindungsgemäß einsetzbare MAP-Kinase-Inhibitoren sind z. B. in  
25 den folgenden Druckschriften genannt, deren gesamter Inhalt hiermit durch Bezugnahme eingeschlossen ist: WO 99/32111 A, WO 99/64400 A, WO 98/52941 A, WO 98/52937 A, WO 97/44467 A, WO 98/27098 A, WO 98/52558 A, WO 98/52940 A, WO 99/32110 A, WO 99/32463 A, WO 99/58502 A, WO 99/58523 A und WO 99/00357 A.

Des weiteren hat der Anmelder überraschend gefunden, daß die zuvor genannte Verbindung der allgemeinen Formel (I) auch eine regulatorische Aktivität innerhalb der MAP-Kinase-Signaltransduktion zeigt, d. h. als Regulator innerhalb der  
35 MAP-Kinase-Signaltransduktion wirkt.

Des weiteren eignet sich die Verbindung der allgemeinen Formel (I) auch zur Behandlung von Viruserkrankungen bzw. als pharmazeutisch wirksamer Bestandteil von Antivirumitteln (Virostatika) (z. B. zur Behandlung von Herpeserkrankungen oder HIV). Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist somit auch  
5 die Verwendung der Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und ihrer physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomeren, insbesondere Stereoisomeren, Tautomeren und Konstitutionsisomeren, Derivate, Prodrugs und Metabolite zur prophylaktischen und/oder therapeutischen (kurativen) Behandlung von Viruserkrankungen aller Art.

10 Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung auch ein Verfahren zur Prophylaxe und/oder Behandlung von Erkrankungen des menschlichen oder tierischen Körpers, insbesondere Tumor- bzw. Krebserkrankungen oder Viruserkrankungen aller Art, unter Verwendung der Verbindung der allgemeinen Formel (I) einschließlich ihrer physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomeren, insbesondere Stereoisomeren, Tautomeren und Konstitutionsisomeren, Derivate, Prodrugs und Metabolite in therapeutisch wirksamen Dosen bzw. Gaben, gegebenenfalls auch in Kombination mit weiteren Wirkstoffen, insbesondere Chemotherapeutika (z. B. Proteinkinaseinhibitoren wie beispielsweise MAP-Kinase-Inhibitoren).  
15  
20

Die erfindungsgemäß eingesetzten Wirkstoffe bzw. Wirkstoffkombinationen können, je nach Art der zur behandelnden Erkrankungen, systemisch oder aber auch topisch, insbesondere lokal, appliziert werden.

25 Für die Applikation der erfindungsgemäß eingesetzten Wirkstoffe bzw. Wirkstoffkombinationen kommen alle üblichen Applikationsformen in Betracht. Beispielsweise kann die Applikation oral, lingual, sublingual, bukkal, rektal oder parenteral (d. h. unter Umgehung des Intestinaltraktes, also intravenös, intraarteriell, intrakardial, intrakutan, subkutan, transdermal, intraperitoneal oder intramuskulär) erfolgen, insbesondere geeignet sind die orale und die intravenöse Applikation; ganz besonders bevorzugt ist die orale Applikation. Weiterhin ist eine topische Anwendung möglich (z. B. zur Behandlung von Melanomen).  
30

35 Für die erfindungsgemäße Anwendung werden die Wirkstoffe bzw. Wirkstoffkombinationen in bekannter Weise in die üblichen Formulierungen überführt,

wie z. B. Tabletten, Dragees, Pillen, Granulate, Aerosole, Sirupe, Emulsionen, Suspensionen, Lösungen, Salben, Cremes und Gele aller Art, insbesondere unter Verwendung inerter, im wesentlichen nichttoxischer, pharmazeutisch geeigneter Trägerstoffe oder Lösungsmittel. Des weiteren ist es möglich, die eingesetzten Wirkstoffe bzw. Wirkstoffkombinationen quasi in liposomale "Verpackungen" einzubringen, d. h. quasi eingebettet oder verkapselt in Liposomen, die ihrerseits gegebenenfalls weiter modifiziert sein können (z. B. verestert mit PEG). Hierbei können die erfindungsgemäß eingesetzten Wirkstoffe bzw. Wirkstoffkombinationen jeweils in einer therapeutisch wirksamen Konzentration, insbesondere in Konzentrationen von etwa 0,0001 bis etwa 99 Gew.-%, bevorzugt etwa 0,01 bis etwa 95 Gew.-%, der Gesamtmischung vorhanden sein, d. h. in Mengen, die ausreichend sind, um den angegebenen bzw. gewünschten Dosierungsspielraum zu erreichen. Trotzdem kann es gegebenenfalls erforderlich sein, von den zuvor genannten Mengen abzuweichen, und zwar in Abhängigkeit vom Körpergewicht bzw. von der Art des Applikationsweges, vom individuellen Verhalten gegenüber dem Medikament, von der Art der Formulierung und von dem Zeitpunkt bzw. Intervall, zu welchem die Verabreichung erfolgt. So kann es in einigen Fällen ausreichend sein, mit weniger als der vorgenannten Mindestmenge auszukommen, während in anderen Fällen die genannte obere Grenze überschritten werden muß. Im Fall der Applikation größerer Mengen kann es empfehlenswert sein, diese in mehreren Einzelgaben über einen definierten Zeitraum, z. B. über den Tag, zu verteilen.

Die Formulierungen werden beispielsweise hergestellt durch Verstrecken der Wirkstoffe bzw. Wirkstoffkombinationen mit Lösungsmitteln (z. B. Öle wie Rizinusöle) und/oder Trägerstoffen, gegebenenfalls unter Verwendung von Emulgiermitteln und/oder Dispergiermitteln, wobei z. B. im Fall der Benutzung von Wasser als Verdünnungsmittel gegebenenfalls organische Lösungsmittel als Hilfslösungsmittel verwendet werden können.

Je nach Applikationsart hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die erfindungsgemäß eingesetzten Wirkstoffe bzw. Wirkstoffkombinationen in Mengen von etwa 0,0001 bis etwa 500 mg/kg Körpergewicht, insbesondere etwa 0,0001 bis etwa 100 mg/kg, vorzugsweise 0,01 bis 50 mg/kg, zur Erzielung wirksamer Ergebnisse zu verabreichen. Trotzdem kann es gegebenenfalls erforderlich sein, von den zuvor genannten Mengen abzuweichen, und zwar in Abhängigkeit vom Kör-



5 pergewicht bzw. von der Art des Applikationsweges, vom individuellen Verhalten gegenüber dem Medikament, von der Art der Formulierung und von dem Zeitpunkt bzw. Intervall, zu welchem die Verabreichung erfolgt. So kann es in einigen Fällen ausreichend sein, mit weniger als der vorgenannten Mindestmenge auszukommen, während in anderen Fällen die genannte obere Grenze überschritten werden muß. Im Falle der Applikation größerer Mengen kann es empfehlenswert sein, diese über einen definierten Zeitraum, z. B. über den Tag, zu verteilen, und zwar z. B. in mehreren Einzelgaben oder als Dauerapplikation (z. B. Dauerinfusion). Gleichermaßen ist die Anwendung in einer chronischen  
10 Therapie (z. B. in Tablettenform) möglich.

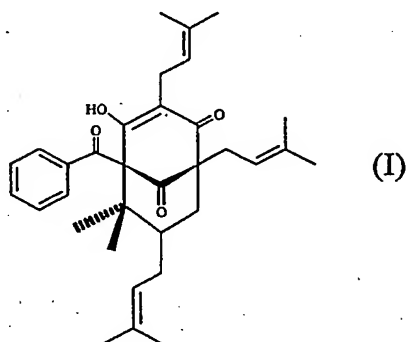
Weitere Ausgestaltungen, Abwandlungen und Variationen der vorliegenden Erfindung sind für den Fachmann beim Lesen der Beschreibung ohne weiteres erkennbar und realisierbar, ohne daß er dabei den Rahmen der vorliegenden Erfindung verläßt.  
15

Die vorliegende Erfindung wird anhand der folgenden Ausführungsbeispiele veranschaulicht, welche die vorliegende Erfindung jedoch keinesfalls beschränken.

## AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

1-Benzoyl-8,8-dimethyl-2-hydroxy-3,5,7-tris-(3-methyl-2-butenyl)-bicyclo-  
[3.3.1]non-2-en-4,9-dion (I) aus dem Propolisextrakt karibischer Bienen

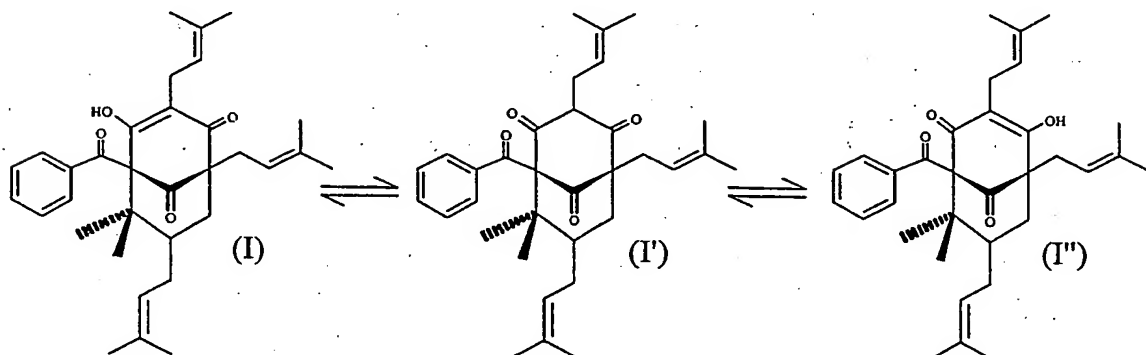
5



Im folgenden wird die Isolierung der Verbindung der Formel (I) und ihre physiologische Wirksamkeit beschrieben.

10

Die Verbindung der Formel (I) liegt im tautomeren Gleichgewicht mit den Strukturen der Formeln (I') und (I'') vor:



15

Der Einfachheit halber wird im folgenden aber nur noch von der Verbindung der Formel (I) die Rede sein.

### Herstellung von Propolis-Lösungen

Propolis, gesammelt von Bienenstöcken in der Karibik, wird in Ethanol aufgenommen, die unlöslichen Wachse mittels Filtration abgetrennt. Definierte Volumina werden getrocknet, das resultierende Pulver zu einer definierten Konzentration in Ethanol resuspendiert. Die Lösungen werden bei Raumtemperatur unter Lichtausschluß gelagert.

### Semipräparative HPLC-Fraktionierung der Propolis-Lösungen

Die Fraktionierung erfolgt mit einer RP-HPLC-Anlage der Firma Waters GmbH (Eschborn) (Waters the Separator Module Alliance 2690, Waters PDA 996 Detektor, Waters Millennium Chromatography Manager). Die Fraktionierung gelingt auf einer Trennsäule der Firma Macherey-Nagel (Nucleosil 100-7 C18, 250 x 21 mm) unter Benutzung eines Gradientensystems bei 40 °C (Tabelle 1). Die wäßrige Phase besteht aus einer 0,01 M Ammoniumformiatlösung (pH = 7.00).

Tabelle 1: Gradientensystem

| Zeit (min) | Flußrate (ml/min) | Ammoniumformiat % | Methanol % | Acetonitril % |
|------------|-------------------|-------------------|------------|---------------|
| 0          | 4                 | 50                | 30         | 20            |
| 80         | 4                 | 10                | 70         | 20            |
| 180        | 4                 | 0                 | 80         | 20            |
| 190        | 4                 | 0                 | 80         | 20            |
| 200        | 4                 | 50                | 30         | 20            |
| 210        | 4                 | 50                | 30         | 20            |

Die so gewonnenen Fraktionen zu je 8 ml (2 min) werden getrocknet und in Methanol resuspendiert und unter Ausschluß von Licht bei Raumtemperatur gelagert.

Zur Überprüfung der Cytotoxizität der einzelnen Fraktionen werden vergleichbare Volumina in einem Medium verdünnt und in dem im folgenden beschriebenen SRB-Assay untersucht. Als Zielzelle wird unter anderem eine Darmkrebszell-Linie humanen Ursprungs (HCT8 WT) verwendet.

### Reinigung der cytotoxischen Fraktion

Die im SRB-Test cytotoxisch wirkende Fraktion wird einer weiteren Reinigung unterzogen. Dazu wird das Gradientenelutionssystem der Polarität der zu reinigenden Fraktion angepaßt. Nach erneuter Fraktionierung und Überprüfung der mittels präparativer RP-HPLC erhaltenen Fraktionen im SRB-Test kann eine einheitliche Substanz (I) isoliert werden. Die Reinheit der Substanz (I) wird anhand UV-spektroskopischer Daten belegt (Fig. 1b). Als analytische Trennsäule wird eine Waters Symmetry Säule, gefüllt mit einer modifizierten C18-Phase (250 mm x 4,6 mm), gewählt. Das Ergebnis ist in Fig. 1a dargestellt.

Fig. 1a zeigt ein repräsentatives Chromatogramm der Substanz (I) aus der analytischen RP-HPLC (Reinheitsüberprüfung) bei 254 nm, Flußrate = 1 ml/min, T = 40 °C, Gradientensystem wie angegeben. Die obere Linie entspricht der Konzentration an Methanol (%), die mittlere Linie der Konzentration an wäßriger Phase (% Ammoniumformiat 0,01M). Die Konzentration an Acetonitril (%) wird konstant auf 5 % gehalten (untere Linie).

Fig. 1b zeigt die PDA-Daten der in Fig. 1a gezeigten Analytik. Die Substanz (I) wird als einheitliche Fraktion gewonnen. Das UV-Spektrum unter diesen Elutionsbedingungen weist zwei Maxima auf (254 und 308 nm).

### Strukturaufklärung

Die erste Isolierung und Charakterisierung der Verbindung der allgemeinen Formel (I) erfolgt ohne weitere Derivatisierung (z. B. mit Diazomethan). Die ethanologischen Extrakte von Propolis (gesammelt in der Karibik) können, wie zuvor beschrieben, mittels RP-HPLC Analytik gereinigt werden, wodurch die Verbindung der Formel (I) erstmals in seiner nichtderivatisierten Form zur Verfügung für weitere NMR-spektroskopische Untersuchungen gestellt werden kann, und zwar in ausreichend hoher Reinheit (> 98 %; LC-MS; UV-spektroskopische Untersuchungen mittels LC-PDA; MS).

Zur weiteren Bestätigung der Struktur wird die Verbindung der Formel (I) durch Umsetzung mit Diazomethan in die korrespondierenden Methylether überführt. Die O-methylierten Verbindungen werden im Verhältnis 40/60 isoliert (RP-HPLC).

Die Ergebnisse der NMR-Untersuchungen (<sup>1</sup>H-NMR, <sup>13</sup>C-NMR, DEPT135, DEPT90, HMQC, HMBC, H,H-COSY90 (gs), 1D-NOE-Differenzspektrum) sind im folgenden tabellarisch angegeben:

- DEPT steht für **D**istortionless **E**nhancement by **P**olarization **T**ransfer.
- COSY steht für **C**Orrelated **S**pectroscop**Y**. Dabei ist im allgemeinen das  $^1\text{H}$ ,  $^1\text{H}$ -COSY gemeint, welches nach seinem "Erfinder" auch Jeener-Experiment genannt wird und die erste 2D-Impulssequenz in der Geschichte der NMR darstellt.
- HMQC steht für **H**eteronuclear **M**ultiple **Q**uantum **C**oherence.
- HMBC steht für **H**eteronuclear **M**ultiple-**B**ond **C**orrelation.
- NOE steht für **N**uclear **O**verhauser **E**ffekt.

Fig. 1c, 1d und 1e sind  $^1\text{H}$ -NMR-Spektren der Verbindung (I) (Meßfrequenz: 500 MHz, Lösemittel:  $\text{CD}_3\text{OD}$ ).

Fig. 1f stellt ein  $^{13}\text{C}$ -NMR-Spektrum der Verbindung (I) (Meßfrequenz: 125 MHz, Lösemittel:  $\text{CD}_3\text{OD}$ ) dar.

Fig. 1g stellt ein  $^{13}\text{C}$ -DEPT-Spektrum der Verbindung (I) (Meßfrequenz: 125 MHz, Lösemittel:  $\text{CD}_3\text{OD}$ ) dar; die CHs und  $\text{CH}_3$ s zeigen nach oben, während die  $\text{CH}_2$ s nach unten zeigen.

Fig. 1h, 1i, 1j und 1k sind  $^1\text{H}$ ,  $^1\text{H}$ -COSY-Spektren der Verbindung (I) (Meßfrequenz: 500 MHz, Lösemittel:  $\text{CD}_3\text{OD}$ ).

Fig. 1l bis 1r sind HMBC-Spektren der Verbindung (I) (Meßfrequenz: 125 MHz, Lösemittel:  $\text{CD}_3\text{OD}$ ).

Tabelle 1a: NMR-Daten der Verbindung (I)

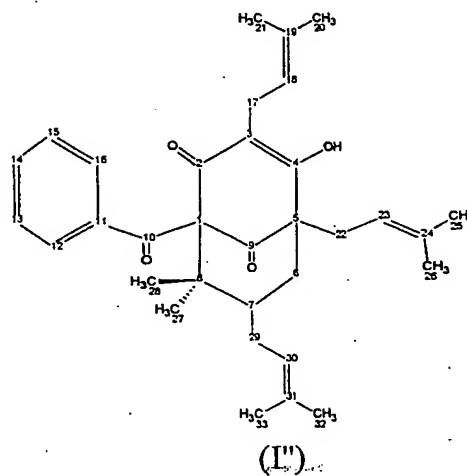
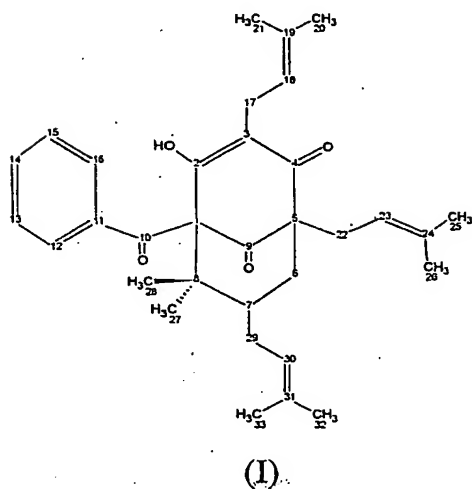
| Verbindung der Formel (I) in CD <sub>3</sub> OD |                               |                     |  |
|---|-------------------------------|---------------------|--|
| C#  | $\delta$ <sup>13</sup> C, ppm | HMBC Korrel. mit H# | $\delta$ <sup>1</sup> H, ppm   |
| 1   | 78.75                         | 27, 28              | -  |
| 2   | 186.30 (br)                   | 17                  | -  |
| 3   | 119.83                        | 17                  | -  |
| 4   | 185.20 (br)                   | 22, 17, 6a          | -  |
| 5   | 62.74                         | 22, 6a, 6e          | -  |
| 6   | 42.34                         | 7, 22, 29           | 1.98 (1H, dd, 4.5 u. 13.1 Hz, eq)<br>1.35 (1H, t, overlap, 13.1 Hz, ax.) |
| 7   | 44.46                         | 27, 28              | 1.83   |
| 8   | 48.24                         | 6e, 27, 28          | -  |
| 9   | 211.72                        | 22, 6e              | -  |
| 10  | 196.39                        | 12, 16              | -  |
| 11  | 138.87                        | 13, 15              | -  |
| 12  | 129.66                        | 14, 16              | 7.65 (1H)  |
| 13  | 128.54                        | 15                  | 7.22 (1H)  |
| 14  | 132.74                        | 12, 16              | 7.39 (1H)  |
| 15  | 128.54                        | 13                  | 7.22 (1H)  |
| 16  | 129.66                        | 12, 14              | 7.65 (1H)  |
| 17  | 22.9                          | 18(w)               | 3.10 (1H, dd, J=14 u. 7 Hz)<br>3.05 (1H, dd, J=14, u. 7 Hz)              |
| 18  | 124.07                        | 17(w), 20, 21       | 5.15 (1H, tm, J=7 u. 1.4 Hz)   |
| 19  | 131.81                        | 20                  | -  |
| 20  | 26.26                         | 18, 21              | 1.68 (3H, s)   |
| 21  | 17.96                         | 18, 20              | 1.63 (3H, s)   |
| 22  | 30.73                         |                     | 2.47 (1H, dd, J=15 u. 7 Hz)<br>2.44 (1H, dd, J=15 u. 7 Hz)               |
| 23  | 121.88                        | 22, 25, 26          | 5.02 (1H, m)   |
| 24  | 134.09                        | 22, 25, 26          | -  |
| 25  | 26.03                         | 23, 26              | 1.63 (3H, s)   |
| 26  | 18.28                         | 23, 25              | 1.63 (3H, s)   |
| 27  | 24.51                         | 28                  | 1.35   |
| 28  | 16.42                         | 27                  | 1.08   |

|    |        |        |                                       |
|----|--------|--------|---------------------------------------|
| 29 | 28.42  |        | 2.13 (1H, m)<br>1.70 (1H, m, overlap) |
| 30 | 124.41 | 32, 33 | 5.02 (1H, m)                          |
| 31 | 133.68 | 32, 33 | -                                     |
| 32 | 26.05  | 30, 33 | 1.58 (3H, s)                          |
| 33 | 18.20  | 30, 32 | 1.67 (3H, s)                          |

H,H-COSY: H6a-H7, H6e-H7, H7-H29, H7-H29' (w) = weak, (br) = broad

5 Dementsprechend liegt die nichtderivatisierte Verbindung der Formel (I) bzw. (I') bzw. (I'') in einem Keto/Enol-Gleichgewicht vor, was sowohl durch die chemische Verschiebung der Signale, als auch durch die Breite der <sup>13</sup>C-Signale der C-Atome 2 und 4 bestätigt wird.

10



15

**Tabelle 1b:** NMR-Daten des Methylethers (II)

| Verbindung der Formel (II) in CDCl <sub>3</sub> |                               |                     |   |
|---|-------------------------------|---------------------|---|
| C#  | $\delta$ <sup>13</sup> C, ppm | HMBC Korrel. mit H# | $\delta$ <sup>1</sup> H, ppm  |
| 1   | 79.25                         | 27, 28              | -   |
| 2   | 194.07                        | 17                  | -   |
| 3   | 126.80                        | 17                  | -   |
| 4   | 173.07                        | 17, 22, 6a, OMe     | -   |
| 5   | 59.81                         | 22, 6a(w)           | -   |
| 6   | 40.22                         | 22, 29(w)           | 2.00 (1H, dd, J=3.7 u. 13.4 Hz, eq)<br>1.45 (1H, dd, J=12.2 u. 13.4 Hz, ax) |
| 7   | 43.70                         | 27, 28, 29, 6a(w)   | 1.68  |
| 8   | 48.83                         | 27, 28, 6e          | -   |
| 9   | 207.28                        | 22, 6e              | -   |
| 10  | 193.06                        | 12, 16              | -   |
| 11  | 136.26                        | 13, 15              | -   |
| 12  | 128.57                        | 14, 16              | 7.42 (1H)   |
| 13  | 127.73                        | 15                  | 7.20 (1H)   |
| 14  | 131.89                        | 12, 16              | 7.35 (1H)   |
| 15  | 127.73                        | 13                  | 7.20 (1H)   |
| 16  | 128.57                        | 12, 14              | 7.42 (1H)   |
| 17  | 23.29                         |                     | 3.23 (1H, dd, J=15.2 u. 6.9 Hz)<br>3.14 (1H, dd, J=15.2 u. 6.9 Hz)          |
| 18  | 121.32                        | 17, 20, 21          | 5.00 (1H, m)  |
| 19  | 133.03                        | 17, 20, 21          |   |
| 20  | 26.02                         | 18, 21              | 1.67 (3H, s)  |
| 21  | 18.09                         | 18, 20              | 1.63 (3H, s)  |
| 22  | 29.78                         |                     | 2.57 (1H, dd, J=14.3 u. 7 Hz)<br>2.42 (1H, dd, J=14.3 u. 7 Hz)              |
| 23  | 119.51                        | 22, 25, 26          | 5.00 (1H, m)  |
| 24  | 134.36                        | 22, 25, 26          | -   |
| 25  | 25.68                         | 23, 26              | 1.63 (3H, s)  |
| 26  | 17.87                         | 23, 25              | 1.61 (3H, s)  |
| 27  | 23.42                         | 28                  | 1.33 (3H, s)  |
| 28  | 15.72                         | 27                  | 1.11 (3H, s)  |



|                    |        |        |   |
|--------------------|--------|--------|---|
| 29                 | 26.72  |        | 2.14 (broad) (1H, dd, 6.5 u. 12.4 Hz)<br>1.70 (1H, overlap) |
| 30                 | 122.58 | 32, 33 | 4.98 (1H, m)  |
| 31                 | 133.49 | 32, 33 | -   |
| 32                 | 25.79  | 30, 33 | 1.66 (3H, s)  |
| 33                 | 17.87  | 30, 32 | 1.56 (3H, s)  |
| CH <sub>3</sub> -O | 62.39  |        | 3.99 (3H, s)  |

H,H-COSY: H6a-H7, H7-H29

(w) = weak

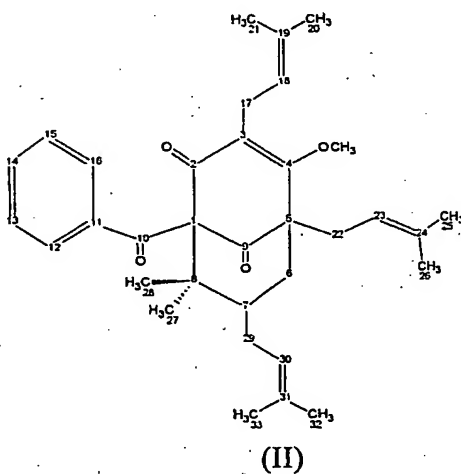


Tabelle 1c: NMR-Daten des Methylethers (III)

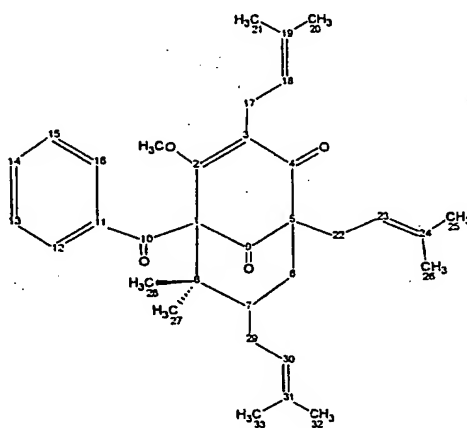
| Verbindung der Formel (III) in CDCl <sub>3</sub> |                             |                     |   |
|--|-----------------------------|---------------------|---|
| C#   | $\delta^{13}\text{C}$ , ppm | HMBC Korrel. mit H# | $\delta^1\text{H}$ , ppm  |
| 1  | 73.97                       | 27, 28              | -   |
| 2  | 169.95                      | 17, OMe             | -   |
| 3  | 123.22                      | 17                  | -   |
| 4  | 197.14                      | 17, 22, 6a          | -   |
| 5  | 65.17                       | 7, 22               | -   |
| 6  | 43.16                       | 22, (w)             | 1.925 (1H, dd, J=3.8 u. 12.9 Hz, eq)<br>1.42 (1H, t, J=12.9 Hz, ax) |
| 7  | 42.53                       | 27, 28, 29, 6a      | 1.66  |
| 8  | 47.86                       | 27, 28, 6e          | -   |
| 9  | 207.91                      | 22, 6e              | -   |
| 10   | 193.14                      | 12, 16              | -   |
| 11   | 137.03                      | 13, 15              | -   |
| 12   | 128.41                      | 14, 16              | 7.59 (1H)   |
| 13   | 127.94                      | 15                  | 7.28 (1H)   |
| 14   | 132.08                      | 12, 16              | 7.41 (1H)   |
| 15   | 127.94                      | 13                  | 7.28 (1H)   |
| 16   | 128.41                      | 12, 14              | 7.59 (1H)   |
| 17   | 23.25                       | 18 (w)              | 3.32 (1H, dd, J=15.7 u. 6.8 Hz)<br>3.21 (1H, dd, J=15.7 u. 6.8 Hz)  |
| 18   | 121.54                      | 17, 20, 21          | 4.97 (1H, m)  |
| 19   | 133.02                      | 17, 20, 21          | -   |
| 20   | 25.85                       | 18, 21              | 1.66 (3H, s)  |
| 21   | 18.02                       | 18, 20              | 1.65 (3H, s)  |
| 22   | 29.48                       |                     | 2.55 (1H, dd, J=14 u. 7 Hz)<br>2.45 (1H, dd, J=14 u. 7 Hz)          |
| 23   | 119.69                      | 22, 25, 26          | 4.99 (1H, m)  |
| 24   | 134.44                      | 22, 25, 26          | -   |
| 25   | 25.64                       | 23, 26              | 1.66 (3H, s)  |
| 26   | 18.15                       | 23, 25              | 1.65 (3H, s)  |
| 27   | 24.46                       | 28                  | 1.32 (3H, s)  |
| 28   | 16.17                       | 27                  | 1.16 (3H, s)  |

- 25 -

|                    |        |        |                                    |
|--------------------|--------|--------|------------------------------------|
| 29                 | 27.68  |        | 2.07 (1H, m)<br>1.66 (1H, overlap) |
| 30                 | 122.54 | 32, 33 | 4.89 (1H, m)                       |
| 31                 | 133.23 | 32, 33 | -                                  |
| 32                 | 26.00  | 30, 33 | 1.65 (3H, s)                       |
| 33                 | 17.86  | 30, 32 | 1.53 (3H, s)                       |
| CH <sub>3</sub> -O | 61.54  |        | 3.44 (3H, s)                       |

H<sub>1</sub>H-COSY: H6a-H7, H6e-H7, H7-H29

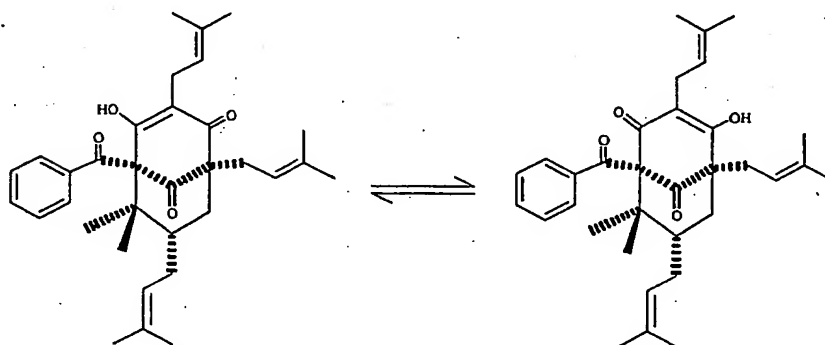
(w) = weak



(III)

### Absolutkonfiguration

Aufgrund der zuvor aufgeführten NMR-Daten konnte der Verbindung der allgemeinen Formel (I) die folgende Absolutkonfiguration zugeordnet werden:



## Zellkulturen

Sechs eindeutig charakterisierte tumorale Zell-Linien humanen Ursprungs (native wie auch in resistente Subklone überführte Zell-Linien) sowie zwei nichttumorale Zell-Linien werden für weitere Untersuchungen herangezogen (Tabelle 2):

**Tabelle 2:** Zell-Linien, histologische Charakterisierung der Zell-Linien und ihre Herkunft

| Zell-Linie                         | Histologische Charakterisierung  | RF           | Quelle  |
|------------------------------------|--|--------------|---|
| M 51<br>M51 DDP                    | Magenkarzinom<br>Cisplatin-resistent   | 8,5          | Hannover<br>Medizinische Fakultät                         |
| HT29 WT<br>HT29 24R<br>HT29 SN38   | Kolonadenokarzinom<br>5-FU-resistent<br>SN38-resistent                         | 3,7<br>3,6   | ATCC HTB 38<br>Universität Essen<br>Medizinische Fakultät |
| HCT8 WT<br>HCT8 SN38<br>HCT8 ICID  | Kolonkarzinom<br>SN38-resistent<br>Raltitrexed-resistent                       | 6,9<br>2,9   | ATCC CCL24<br>Universität Essen<br>Medizinische Fakultät  |
| MCF-7 WT<br>MCF-7 AD<br>MCF-7 24R  | Brustadenokarzinom<br>Doxorubicin-resistent gp 170+<br>5-FU-resistent          | 222<br>6,5   | ATCC HTB 22<br>Roswell Park Cancer<br>Institute           |
| A2780 WT<br>A2780 DX5<br>A2780 CP2 | Eierstockadenokarzinom<br>Doxorubicin-resistent gp 170+<br>Cisplatin-resistent | 15,6<br>15,0 | Roswell Park Cancer<br>Institute                          |
| H460 WT                            | Großzelliges Lungenkarzinom  |              | ATCC HTB 117  |
| 3T3                                | Mäusefibroblasten  |              | ATCC CCL 163  |
| MCR-5                              | Diploide embryonale Lungenfibroblasten   |              | ATCC CCL 171  |

## SRB-Test

Die Sensitivität der Zell-Linien gegenüber der Substanz (I) wird in einem sogenannten Sulphorhodamin B (SRB)-Test ermittelt. Hierbei handelt es sich um ein robustes und hoch reproduzierbares Standardverfahren, wie es auch z. B. am NCI (National Cancer Institute, USA) etabliert ist (Skehan et al. 1990).

Die Ergebnisse der Tests sind in der Tabelle 3 wiedergegeben. Die Konzentration an Substanz (I), welche das Zellwachstum um 50 % inhibiert ( $IC_{50}$ , ermittelt

aus halblogarithmischer Dosis gegen Wirkungskurven) sind angegeben. Als Ergebnis werden in der Tabelle 3 Mittelwerte und ihre Standardabweichungen von mindestens drei unabhängigen Experimenten dargestellt. Es gibt keine Kreuzresistenz zu den angegebenen Cytostatika. Gegenüber den nichttumoralen Zell-Linien (Fibroblasten der 3T3- und MCR 5- Linien) erweist sich die Substanz (I) als wesentlich weniger cytotoxisch.

**Tabelle 3:** Ermittelte IC<sub>50</sub>-Konzentrationen an Substanz (I) in den unterschiedlichen Zell-Linien.

| Zell-Linie | Substanz (I)<br>IC <sub>50</sub> (µg/ml) |
|------------|--|
| M51 WT     | 5,70 ± 0,21                              |
| M51 DDP    | 4,77 ± 0,13                              |
| HT29 WT    | 5,25 ± 0,43                              |
| HT29 24R   | 5,18 ± 0,76                              |
| HT29 SN38  | 3,50 ± 1,40                              |
| HCT8 WT    | 4,23 ± 0,19                              |
| HCT8 SN38  | 4,07 ± 0,08                              |
| HCT8 ICID  | 4,44 ± 0,13                              |
| MCF-7 WT   | 4,37 ± 0,12                              |
| MCF-7 AD   | 4,28 ± 0,08                              |
| MCF-7 24R  | 3,30 ± 0,51                              |
| A2780 WT   | 9,20 ± 0,82                              |
| A2780 DX5  | 6,75 ± 1,55                              |
| A2780 CP2  | 6,23 ± 0,12                              |
| H460 WT    | 4,21 ± 0,91                              |
| 3T3        | > 80, 0                                  |
| MCR-5      | 21,73 ± 6,47                             |

## Untersuchungen zur Inhibition der Topoisomerase I

Um den Effekt der Substanz (I) auf die Topoisomerase I zu untersuchen, wird der sogenannte "Topo I unwinding" Test durchgeführt. Der Test beruht auf einer ATP-unabhängigen "unwinding" (Entknäuelung) von verdrehter pBR322-Plas-  
mid-DNA-Dimeren durch die Topoisomerase I. Die beiden verschiedenen topo-  
logischen Formen der Plasmid-DNA, die verdrehte Form und die entknäuelte,  
relaxierte Form, werden bei dieser Untersuchung mittels eines Agarosegels ge-  
trennt. Das Enzym Topoisomerase I wird dazu aus Zellkernextrakten der tumo-  
ralen Zell-Linien gewonnen.

### Gewinnung der Zellkernextrakte

Zellkernextrakte werden entsprechend der Methode von Sullivan mit den Modi-  
fikationen von Danks et al. gewonnen.

### Inhibition der Topoisomerase I-Aktivität durch Substanz (I)

Wie in Fig. 3 (Spalte 1: Kontrollen) gezeigt, werden 160 ng Zellkernextrakt mit  
der darin enthaltenen Topoisomerase I benötigt, um die hochverdrehten pBR322-  
Plasmid-DNA-Dimeren (Negativkontrolle) in die relaxierte Topologie (Positiv-  
kontrolle) zu überführen. Die Substanz (I) inhibiert die Topoisomerase I-Aktivi-  
tät zu 100 % bei einer Konzentration von 100 µg/ml. Dies entspricht einem  
20fachen der benötigten Konzentration, die das tumorale Wachstum der korre-  
spondierenden Zell-Linien zu 50 % inhibiert ( $IC_{50}$ , Fig. 2). Vergleicht man diese  
Daten mit der in-vitro-inhibitorischen Aktivität von z. B. Topotecan, so wird für  
diese bereits in der Klinik etablierte Substanz, das 1000fache der  $IC_{50}$  benötigt.  
Fig. 3 veranschaulicht die Inhibition der Topoisomerase I-Aktivität durch Sub-  
stanz (I).

### Zellzyklusanalysen

Die bisher beschriebenen Wirkungen der Substanz (I) auf das Zellwachstum las-  
sen sich auch mit Veränderungen im Zellzyklus belegen. Durchflußcytometri-  
sche Untersuchungen nach einer angepaßten Methode von Tsugita M. et al. wer-  
den zur Analyse herangezogen.

Exponentiell wachsende HCT8 WT-Darmkrebszellen werden mit der Substanz  
(I) mit der ermittelten  $IC_{50}$ -Konzentration für 24 Stunden behandelt, danach wer-  
den die Zellen mit BrdU inkubiert. Die mit Methanol fixierten Zellen werden

einer Behandlung mit einem Detergens (Triton X-100/HCl) unterworfen, um die DNA-Stränge zu denaturieren. Nach Inkubation mit dem fluoreszenzmarkierten Antikörper (anti-BrdU mAb, FITC-markiert) wird der zweite Fluoreszenzfarbstoff (PI, Propidiumiodid) hinzugegeben.

5 Der Gehalt an DNA (Propidiumiodid-Fluoreszenz) und die Menge an aufgenommenem BrdU (FITC-Fluoreszenz) werden mittels eines Durchflußcytometers der Firma Coulter bestimmt (Coulter EPICS XL). Beispielhafte Ergebnisse sind in Fig. 4a und 4b dargestellt.

10 Die Fig. 4a und 4b zeigen BrdU- und PI-Aufnahmen in die DNA von HCT8 WT-Zellen, nicht behandelt (Kontrolle, Fig. 4a) und mit Substanz (I) behandelt ( $IC_{50}$ , 24 Stunden, Fig. 4b). Die dargestellten Ergebnisse sind repräsentativ für  $n = 3$  unabhängige Experimente.

15 Offensichtlich führt die Behandlung mit Substanz (I) zu einer Inhibition der Synthese-Phase. Dies wird anhand der Abbildungen zum DNA-Gehalt (Abb. 4a und 4b, BrdU-Aufnahme) deutlich.

#### Analyse der DNA-Degradation

20 Die Untersuchungen zum Nachweis der Degradation der DNA durch die Substanz (I) werden beispielhaft an humanen Zellen eines Bronchialkarzinoms (H460 WT) und eines kolorektalen Karzinoms (HT29 WT) durchgeführt. DNA, isoliert nach Behandlung der Zellen für unterschiedliche Dauer mit der Substanz (I), wird dazu gelelektrophoretisch analysiert.

25 Die Bestimmung der Doppelstrangbrüche der DNA gelingt an  $^{14}C$ -markierter DNA. Dazu werden [ $^{14}C$ ]d-Thymidin gelabelte Zellen mit unterschiedlichen Konzentrationen an Substanz (I) behandelt. Die Isolierung der DNA erfolgt nach einer angepaßten Methode von Chia Chiao et al.

30 Nach Bestimmung der Menge und der Reinheit der isolierten DNA mittels eines GeneQuant Spektrophotometers werden vergleichbare Mengen an DNA mittels eines Agarosegels aufgetrennt. Die gelelektrophoretisch aufgetrennte DNA wird anschließend mit Ethidiumbromid angefärbt.

Auf einem Tansilluminator (302 nm) wird die nicht im elektrischen Feld gewanderte intakte DNA von der fragmentierten und damit in das Gel eingewanderten DNA durch Extraktion getrennt. Die isolierten Gel- bzw. DNA-Fragmente werden bei + 80 °C in Anwesenheit von Salzsäure verflüssigt. Nach Zugabe eines



Szintillators kann die Radioaktivität mittels eines Flüssigszintillationsmeßgerätes (TPI-CARB 2100RT) bestimmt werden. Die gemessene Radioaktivität wird in Zerfälle pro Minute (cpm) angegeben.

In Fig. 5 ist die Induktion der Doppelstrangbrüche durch die Substanz (I) nach Inkubation von bronchialen Karzinomzellen (H480 WT) für 6 Stunden gezeigt. Fig. 5 zeigt DNA-Doppelstrangbrüche, nachgewiesen in [<sup>14</sup>C]d-Thy-gelabelten H460 WT- Zellen, ausgelöst durch die Behandlung mit Substanz (I) für 6 Stunden. Die Ergebnisse stellen Mittelwerte und ihre Standardabweichung aus n = 3 unabhängigen Experimenten dar.

Durch die Behandlung der Tumorzellen mit bis zu einem 10fachen der ermittelten IC<sub>50</sub>-Konzentration werden innerhalb von 6 Stunden signifikante Mengen an Doppelstrangbrüchen induziert, welche offensichtlich schon bei der IC<sub>50</sub>-Konzentration nicht mehr ausreichend durch die Tumorzellen repariert werden und somit den Zelltod einleiten.

In Fig. 6 ist ein weiteres Beispiel der Induktion von Doppelstrangbrüchen in der DNA von Tumorzellen, hier Zellen eines kolorektalen Tumors (HT29 WT), aufgezeigt. Wie schon bei der Zell-Linie des Bronchialkarzinoms, werden offensichtlich substantielle Mengen an Doppelstrangbrüchen induziert, welche nicht wieder durch die Reparaturmechanismen der Tumorzelle korrigiert werden können und letztendlich mit ein auslösender Faktor für die Apoptose, den programmierten Zelltod der Tumorzelle darstellt.

#### **Bestimmung der inhibitorischen Aktivität von Substanz (I) auf die humane Telomerase**

Um die Wirkung der Substanz (I) auf die humane Telomerase zu bestimmen wird der sogenannte "Telomeric Repeat Amplification Assay" (TRAP)-ELISA, basierend auf der Methode von N. W. Kim et al., durchgeführt.

Diese Methode basiert auf der Nutzung der Polymerasen-Kettenreaktion (PCR). Dabei wird in einem ersten Schritt mittels der Telomerase-Aktivität eine Anzahl von (GGTTAG)-Motiven an das 3'-Ende eines mittels Biotin markierten Oligonukleotids (TS = Telomerase-Substrat) angehängt. In einem zweiten Schritt werden die so verlängerten Produkte mittels der PCR-Technik unter Nutzung von TS- und RP- (R = reverse) Primern vervielfältigt. Auf diese Art und Weise wird eine "Leiter" von Produkten in Inkrementen zu 6 Basen (Startgröße =

50 Nukleotide) generiert. Während der Vervielfältigung wird DNP-markiertes dCTP in die PCR-Produkte eingebaut. Die Detektion und Quantifizierung der synthetisierten Telomeraseprodukte mittels einer "Sandwich ELISA"-Methode sind ein Maß für die enzymatische Aktivität der Telomerase.

- 5 Die Produkte der Telomerase tragen die mittels Biotin markierten TS-Primer und binden an der Oberfläche von Mikrotiterplatten, welche vorher mit Streptavidin beschichtet werden. Ein anti-DIG Antikörper, konjugiert mit POD, bindet an die während der Vervielfältigung eingebauten DNP-markierten Nukleotide. Nach Zugabe des Substrates TMB wird über die einsetzende Farbreaktion durch das
- 10 Enzym POD die Aktivität der Telomerase fluoreszenzspektroskopisch sichtbar gemacht. Dabei ist die gemessene Absorption direkt proportional zur Aktivität der Telomerase.

#### **Effekt der Substanz (I) auf die Aktivität humaner Telomerase**

- 15 Um die Wirkung der Substanz (I) auf die Telomerase sicherzustellen, muß eine Wirkung der Substanz (I) auf die DNA-Polymerase ausgeschlossen werden. In einem Vorexperiment mit TSR8 als interne Kontrolle wurde die Wirkung von Substanz (I) bei verschiedenen Konzentrationsstufen ausgeschlossen.

- 20 Die Vervielfältigung des TSR8 Templates ist nur von der DNA-Polymerase abhängig. Jeder Inhibitor dieses Enzyms kann mit diesem Substrat nachgewiesen werden.

- Fig. 7 zeigt die Ergebnisse des Vorexperiments mit dem TSR8-Template. Das Experiment wird in Triplikaten durchgeführt. Fig. 7 belegt, daß selbst die maximal eingesetzte Konzentration von 50 µg/ml der Substanz (I) in diesem Experiment nicht zu einer signifikanten Inhibition der Taq-Polymerase führt.
- 25

- Das Experiment zur Untersuchung einer Inhibition der Telomerase durch die Substanz (I) wird in Fig. 8 gezeigt. Dargestellt ist der Konzentrationsbereich zwischen 10 und 50 µg/ml. Eine komplette Inhibition humaner Telomerase wird bei einer Konzentration von 50 µg/ml beobachtet. Fig. 8 zeigt die Ergebnisse des
- 30 TRAP-Assays: Dosisabhängige Inhibition humaner Telomerase, gewonnen aus Zellen eines Kolonkarzinoms (HCT8 WT), durch die Substanz (I). Die Ergebnisse stellen Mittelwerte und Standardabweichungen dreier unabhängiger Experimente dar.

### Phosphorylierung von ERK1/2 (MAP-Kinase-Pathway)

Die Phosphorylierung bestimmter Signaltransduktionswege spielt eine essentielle Rolle bei der Regulation von Zellwachstum bzw. Genexpression. Das Protein ERK1/2 (MAP-Kinase) gehört zu dem MAP-Kinase-Signaltransduktionsweg.

5 Die Behandlung humaner Kolonkarzinomzellen (HCT8 WT) mit der Substanz (I) führt zu einer Phosphorylierung dieses Proteins, welches in einer Western-Blot-Analyse nachgewiesen wird (Fig. 9). Fig. 9 zeigt die Western-Blot-Analyse des ERK1/2-Proteins; in der unteren Zeile ist die Ladungskontrolle mitgeführt.

10 Die Behandlung der Zellen mit der Substanz (I) führt dosisabhängig zu einer Phosphorylierung des ERK1/2-Proteins. Schon ab einer Dosis der  $IC_{50}$  entsprechend läßt sich die Phosphorylierung durch die Substanz (I) belegen. Als Resultat dieses – bisher in der Literatur als Aktivierung gedeuteten – Prozesses wird die Tumorzelle in einen Zellzyklusarrest geschickt, was durch die durchgeführten Zellzyklusanalysen belegt wird (s. o.).

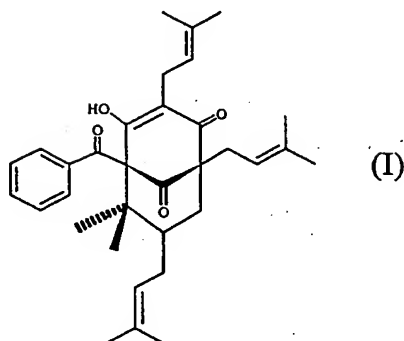
15 Zur Überprüfung dieser Befunde, inwieweit die erzielten Ergebnisse hinsichtlich einer ERK1/2-Aktivierung durch die Substanz (I) durch Zugabe eines ERK1/2-Inhibitors antagonisierbar sind, wird ein Koinkubationsexperiment mit der Substanz (I) und einem spezifischen ERK1/2-Inhibitor (MAP-Kinase-Inhibitor) durchgeführt. Dabei werden Tumorzellen, z.B. Kolonkarzinomzellen (HCT8  
20 WT), mit beiden Wirkstoffen in jeweils unterschiedlichen Dosierungen für 24 Stunden koinkubiert (Fig. 10). Fig. 10 gibt das Koinkubationsexperiment zur Cytotoxizität mit der Substanz (I) und einem spezifischen ERK1/2-Inhibitor (MAP-Kinase-Inhibitor) wieder. Koinkubiert wurden HCT8 WT-Zellen. Die gezeigten Punkte geben die entsprechenden Verhältnisse (% der jeweiligen  $IC_{50}$ -Konzentration) beider Wirkstoffe zueinander an.  
25

Dieses derart durchgeführte Experiment führt aber in keinem Dosierungsverhältnis zu einer Aufhebung der gemessenen Cytotoxizität. Vielmehr ist ein ausgeprägter Synergismus bei der Koinkubation beider Wirkstoffe zu verzeichnen.

30 Alle Dosierungskombinationen liegen unterhalb der Winkelhalbierenden, und damit im Bereich eines eindeutigen Synergismus. Die Kombination von 30 % der  $IC_{50}$ -Konzentration von Substanz (I) mit einer Wirkstoffkonzentration von 30 % der  $IC_{50}$ -Konzentration des spezifischen ERK1/2-Inhibitors führt zu einer Wachstumsinhibition der Tumorzellen, isoliert aus einem Kolonkarzinom (HCT8 WT).

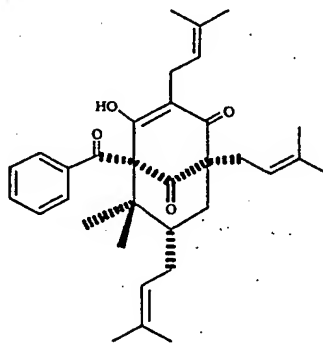
**Patentansprüche:**

## 1. Verbindung der Formel (I)



und ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomere, insbesondere Konstitutionsisomere, Tautomere und Stereoisomere, Derivate, Prodrugs und/oder Metabolite.

## 2. Verbindung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die folgende Konfiguration:



## 3. Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomere, insbesondere Konstitutionsisomere, Tautomere und Stereoisomere, Derivate, Prodrugs und Metabolite zur prophylaktischen und/oder therapeutischen Behandlung von Erkrankungen.

4. Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomere, insbesondere Konstitutionsisomere, Tautomere und Stereoisomere, Derivate, Prodrugs und Metabolite als pharmazeutische Wirkstoffe und/oder pharmazeutisch wirksame Arzneimittelbestandteile.
5. Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomere, insbesondere Stereoisomere, Tautomere und Konstitutionsisomere, Derivate, Prodrugs und Metabolite zur prophylaktischen und/oder therapeutischen Behandlung von Tumor- und/oder Krebserkrankungen, insbesondere Primärtumoren und Metastasen, und/oder Präkanzerosen (Krebsvorstufen), insbesondere von Darmkrebs (Kolonkarzinomen), Brustkrebs (Mammakarzinomen), Ovarialkarzinomen, Uteruskarzinomen, Lungenkrebs, Magenkrebs, Leberkrebs, Pankreaskarzinomen, Nierenkrebs, Blasenkrebs, Prostatakrebs, Hodenkrebs, Knochenkrebs, Hautkrebs, Kaposi-Sarkomen, Hirntumoren, Myosarkomen, Neuroblastomen, Lymphomen und Leukämien.
6. Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomere, insbesondere Stereoisomere, Tautomere und Konstitutionsisomere, Derivate, Prodrugs und Metabolite, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 5, zur Inhibierung von Topoisomerasen und/oder Telomerasen.
7. Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomere, insbesondere Stereoisomere, Tautomere und Konstitutionsisomere, Derivate, Prodrugs und Metabolite zur prophylaktischen und/oder therapeutischen Behandlung von Viruserkrankungen.
8. Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomere, insbesondere Stereoisomere, Tautomere und Konstitutionsisomere, Derivate, Prodrugs und Metabolite als Regulator innerhalb der MAP-Kinase-Signaltransduktion.

- 5 9. Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomere, insbesondere Stereoisomere, Tautomere und Konstitutionsisomere, Derivate, Prodrugs und Metabolite nach einem der Ansprüche 1 bis 8 zur systemischen und/oder topischen Anwendung.
- 10 10. Pharmazeutische Zusammensetzung oder Arzneimittel, insbesondere Cytostatikum oder Antivirumittel, enthaltend die Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomeren, insbesondere Konstitutionsisomere, Tautomeren und Stereoisomeren, Derivate, Prodrugs und Metabolite zusammen mit einem pharmazeutisch verträglichen, im wesentlichen nichttoxischen Träger oder Exzipienten.
- 15 11. Pharmazeutische Zusammensetzung oder Arzneimittel nach Anspruch 10, enthaltend die Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomere, insbesondere Stereoisomere, Tautomere und Konstitutionsisomere, Derivate, Prodrugs und Metabolite in therapeutisch wirksamen Mengen.
- 20 12. Pharmazeutische Zusammensetzung oder Arzneimittel nach Anspruch 10 oder 11 zur systemischen und/oder topischen Anwendung.
- 25 13. Pharmazeutische Kombination, insbesondere cytostatische Kombination, die
- (A) die Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomere, insbesondere Stereoisomere, Tautomere und Konstitutionsisomere, Derivate, Prodrugs und Metabolite; und
- 30 (B) mindestens ein weiteres Chemotherapeutikum, insbesondere einen Proteinkinaseinhibitor, vorzugsweise MAP-Kinase-Inhibitor, umfaßt.
- 35

14. Pharmazeutische Kombination nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Komponenten (A) und (B) entweder als funktionelle Einheit, insbesondere in Form einer Mischung, eines Gemisches oder eines Gemenges, oder aber (räumlich) getrennt voneinander vorliegen.
- 5 15. Pharmazeutische Kombination nach Anspruch 13 oder 14, wobei die Komponenten (A) und (B) entweder gleichzeitig oder aber zeitlich abgestuft anwendbar oder applizierbar sind.
- 10 16. Pharmazeutische Kombination nach einem der Ansprüche 13 bis 15, enthaltend die Komponenten (A) und (B) jeweils in therapeutisch wirksamen Mengen.
- 15 17. Pharmazeutische Kombination nach einem der Ansprüche 13 bis 16 zur systemischen und/oder topischen Anwendung.
18. Verwendung der Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihrer physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomeren, insbesondere Stereoisomeren, Tautomeren und Konstitutionsisomeren, Derivate, Prodrugs und Metabolite zur Herstellung von Arzneimitteln zur prophylaktischen und/oder therapeutischen Behandlung von Tumor- und/oder Krebserkrankungen.
- 20 19. Verwendung nach Anspruch 18 zur prophylaktischen und/oder therapeutischen Behandlung von Tumor- und/oder Krebserkrankungen, insbesondere Primärtumoren und Metastasen, und/oder Präkanzerosen (Krebsvorstufen).
- 25 20. Verwendung nach Anspruch 18 oder 19 zur prophylaktischen und/oder therapeutischen Behandlung benigner und maligner Tumore.
- 30 21. Verwendung nach einem der Ansprüche 18 bis 20 zur prophylaktischen und/oder therapeutischen Behandlung von Darmkrebs (Kolonkarzinomen), Brustkrebs (Mammakarzinomen), Ovarialkarzinomen, Uteruskarzinomen, Lungenkrebs, Magenkrebs, Leberkrebs, Pankreaskarzinomen, Nierenkrebs, Blasenkrebs, Prostatakrebs, Hodenkrebs, Knochenkrebs, Hautkrebs, Kaposi-
- 35

Sarkomen, Hirntumoren, Myosarkomen, Neuroblastomen, Lymphomen und Leukämien.

- 5 22. Verwendung nach einem der Ansprüche 18 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomere, insbesondere Stereoisomere, Tautomere und Konstitutionsisomere, Derivate, Prodrugs und Metabolite systemisch und/oder topisch appliziert werden.
- 10 23. Verwendung nach einem der Ansprüche 18 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomere, insbesondere Stereoisomere, Tautomere und Konstitutionsisomere, Derivate, Prodrugs und Metabolite das Zellwachstum und die Zellteilung von Tumor- und/oder Krebszellen hemmen und/oder zum Stillstand bringen.
- 15 24. Verwendung nach einem der Ansprüche 18 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomere, insbesondere Stereoisomere, Tautomere und Konstitutionsisomere, Derivate, Prodrugs und Metabolite eine Zerstörung der DNA der Tumor- und/oder Krebszellen induzieren.
- 20 25. Verwendung der Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihrer physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomeren, insbesondere Stereoisomeren, Tautomeren und Konstitutionsisomeren, Derivate, Prodrugs und Metabolite als Topoisomeraseinhibitoren und/oder Telomeraseinhibitoren.
- 25 26. Verwendung nach einem der Ansprüche 18 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomere, insbesondere Stereoisomere, Tautomere und Konstitutionsisomere, Derivate, Prodrugs und Metabolite in Kombination mit mindestens einem weiteren Chemotherapeutikum, insbesondere Proteinkinaseinhibitor, vorzugsweise MAP-Kinase-Inhibitor, eingesetzt werden.
- 30 35



27. Verwendung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihre physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomere, insbesondere Stereoisomere, Tautomere und Konstitutionsisomere, Derivate, Prodrugs und Metabolite einerseits und das mindestens eine weitere Chemotherapeutikum entweder gleichzeitig oder aber zeitlich abgestuft angewandt oder verabreicht werden.
28. Verwendung der Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und ihrer physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomeren, insbesondere Stereoisomeren, Tautomeren und Konstitutionsisomeren, Derivate, Prodrugs und Metabolite zur Herstellung von Arzneimitteln zur prophylaktischen und/oder therapeutischen Behandlung von Viruserkrankungen.
29. Verwendung der Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, und/oder ihrer physiologisch verträglichen Salze, Hydrate, Isomeren, insbesondere Stereoisomeren, Tautomeren und Konstitutionsisomeren, Derivate, Prodrugs und Metabolite als Regulator innerhalb der MAP-Kinase-Signaltransduktion.
30. Verwendung nach einem der Ansprüche 18 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung der allgemeinen Formel (I), wie zuvor definiert, systemisch und/oder topisch appliziert wird.

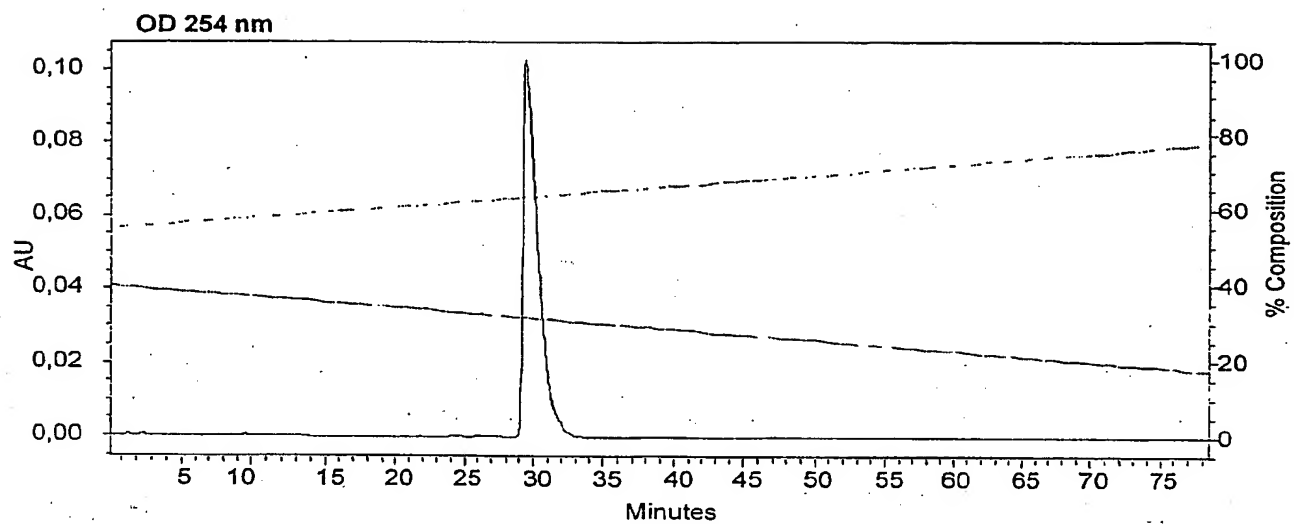


Fig. 1a

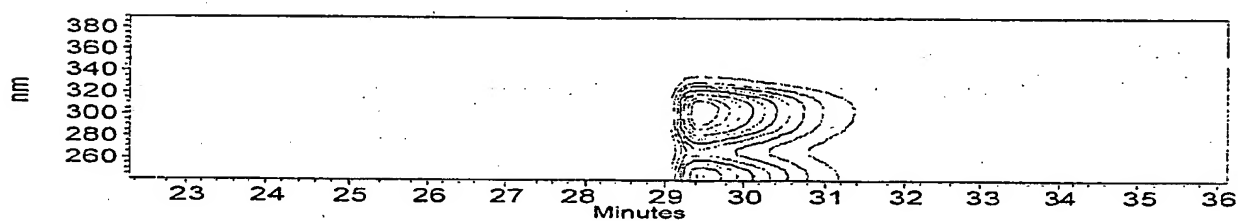


Fig. 1b

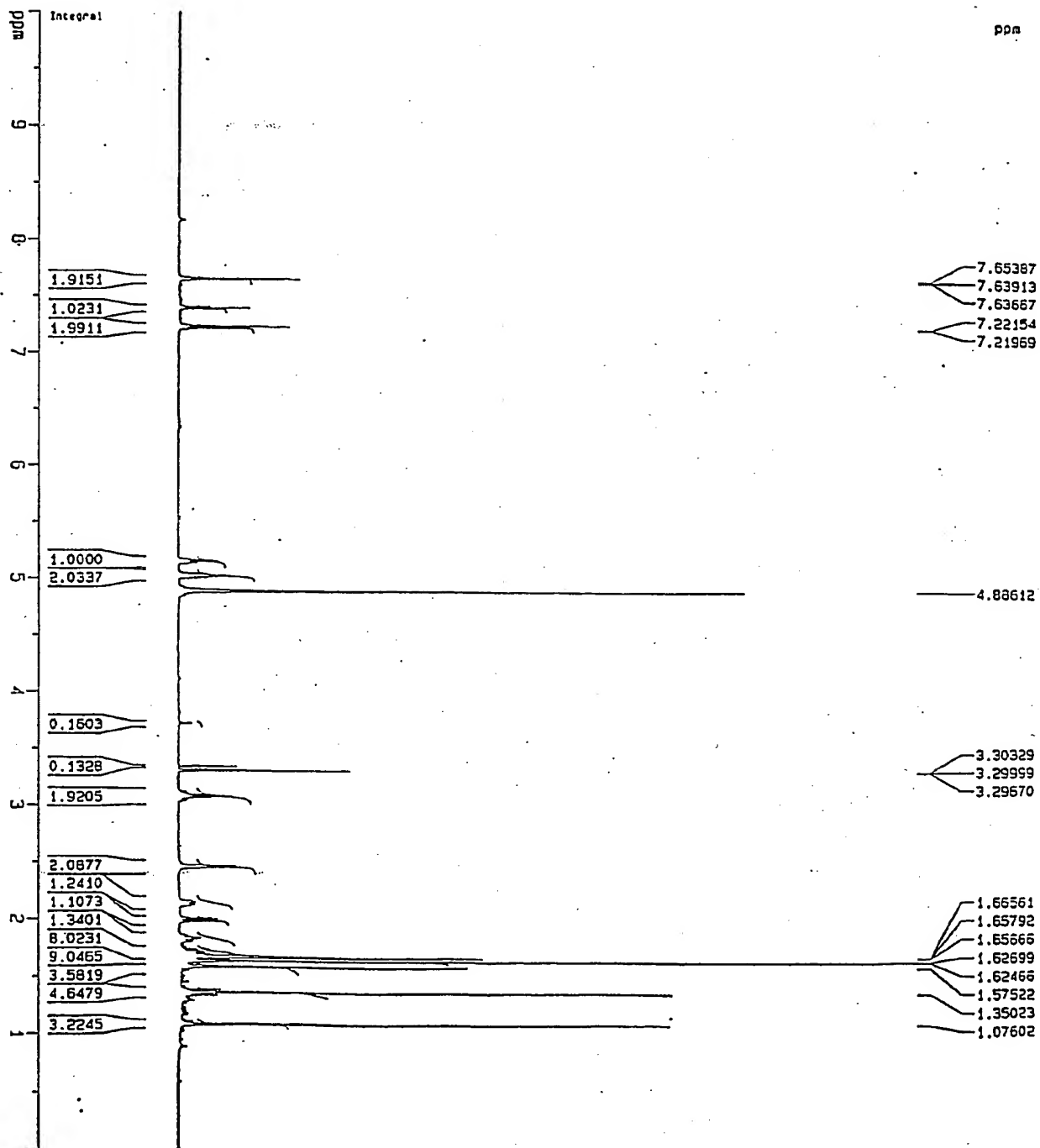


Fig. 1c

ERSATZBLATT (REGEL 26)

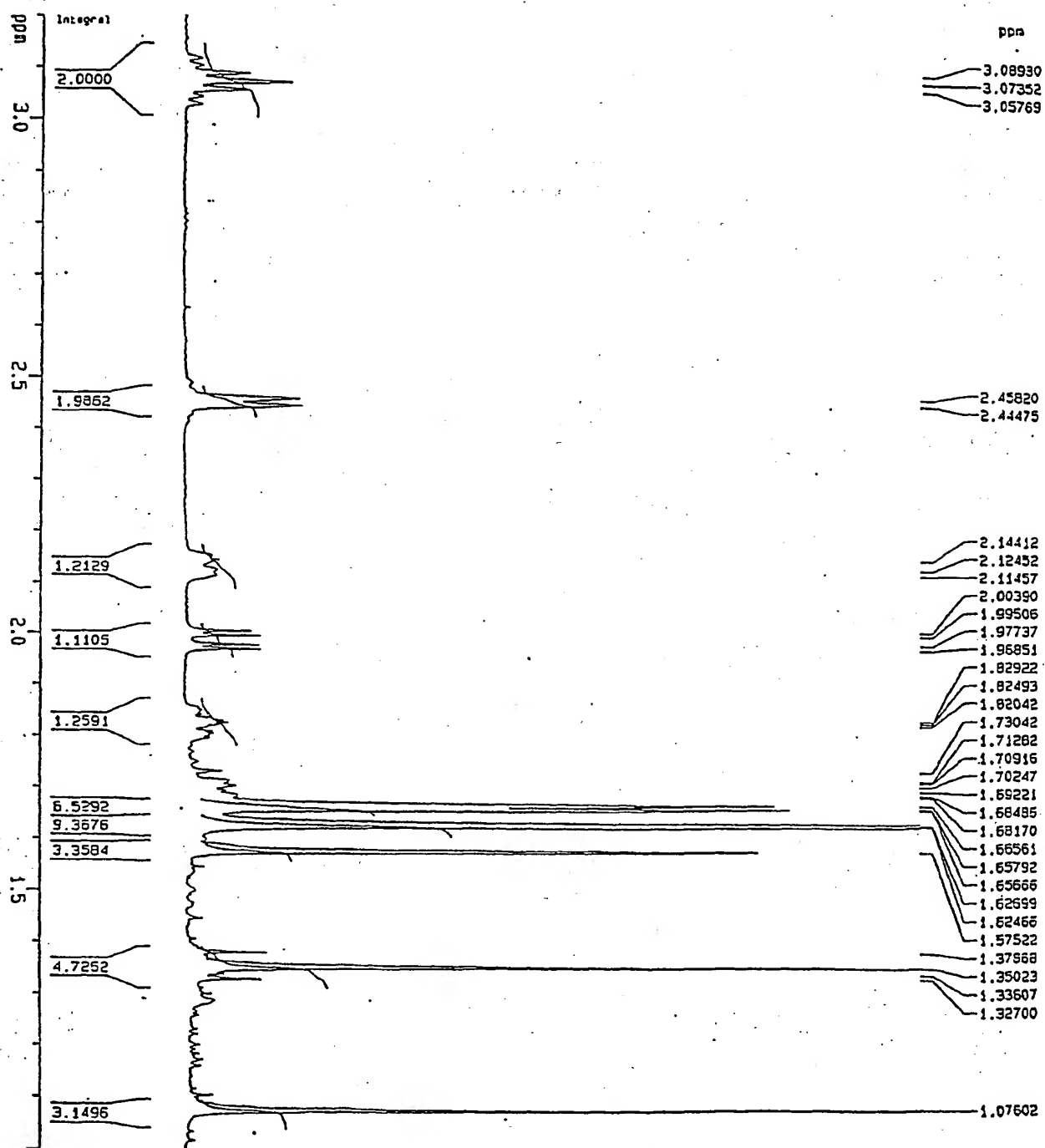


Fig. 1d

ERSATZBLATT (REGEL 26)

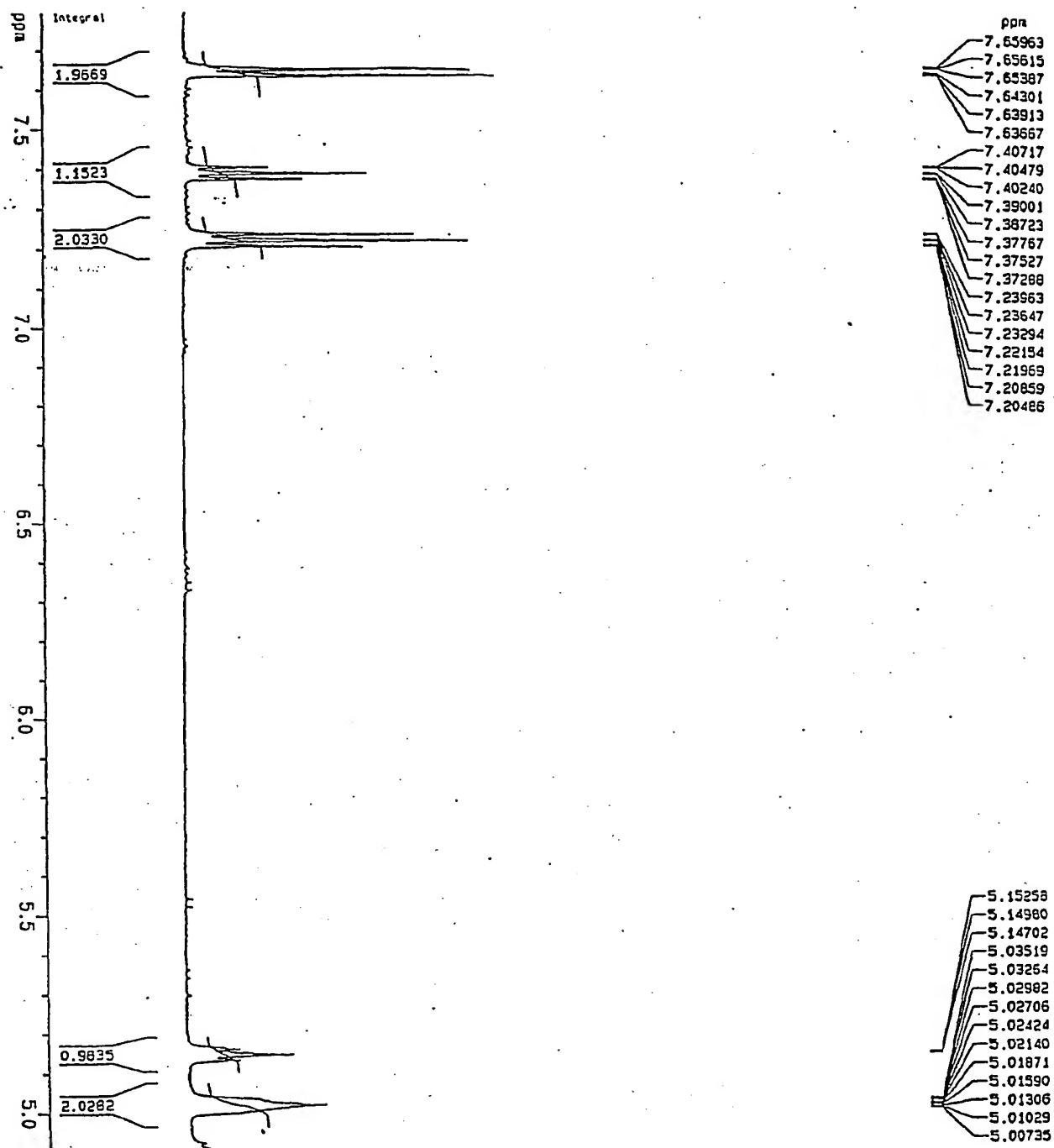


Fig. 1e

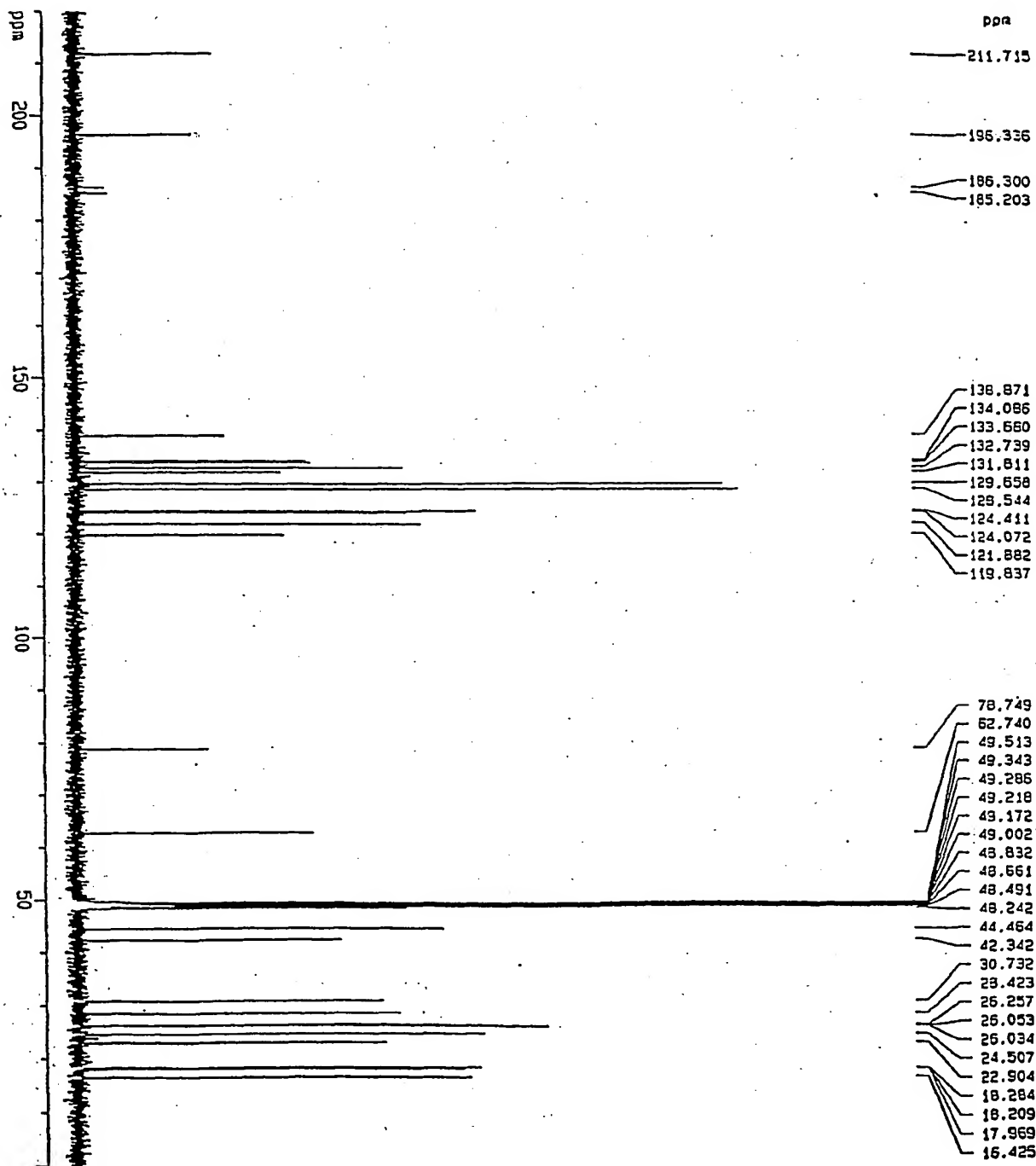


Fig. 1f

ERSATZBLATT (REGEL 26)

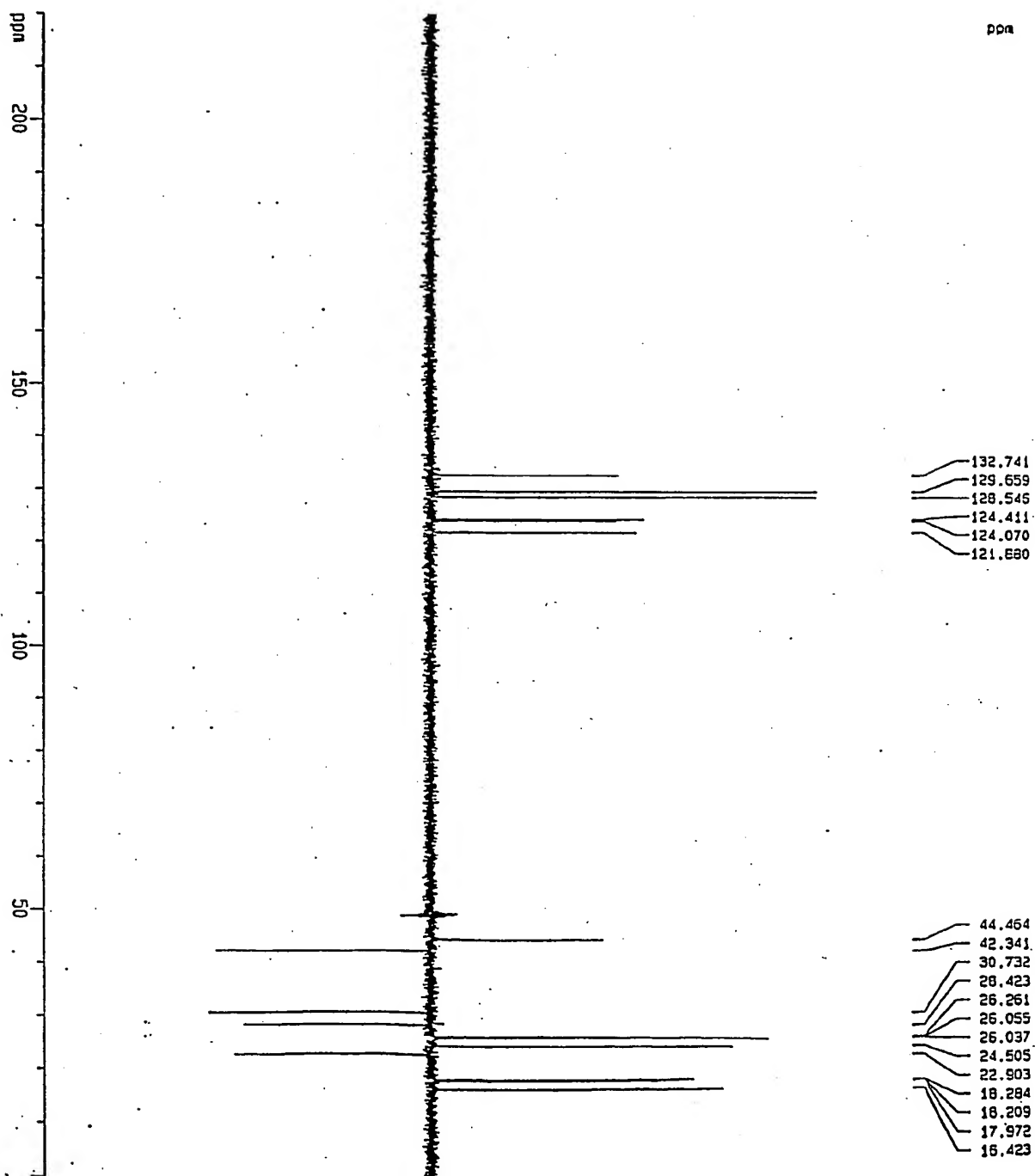


Fig. 1g

ERSATZBLATT (REGEL 26)

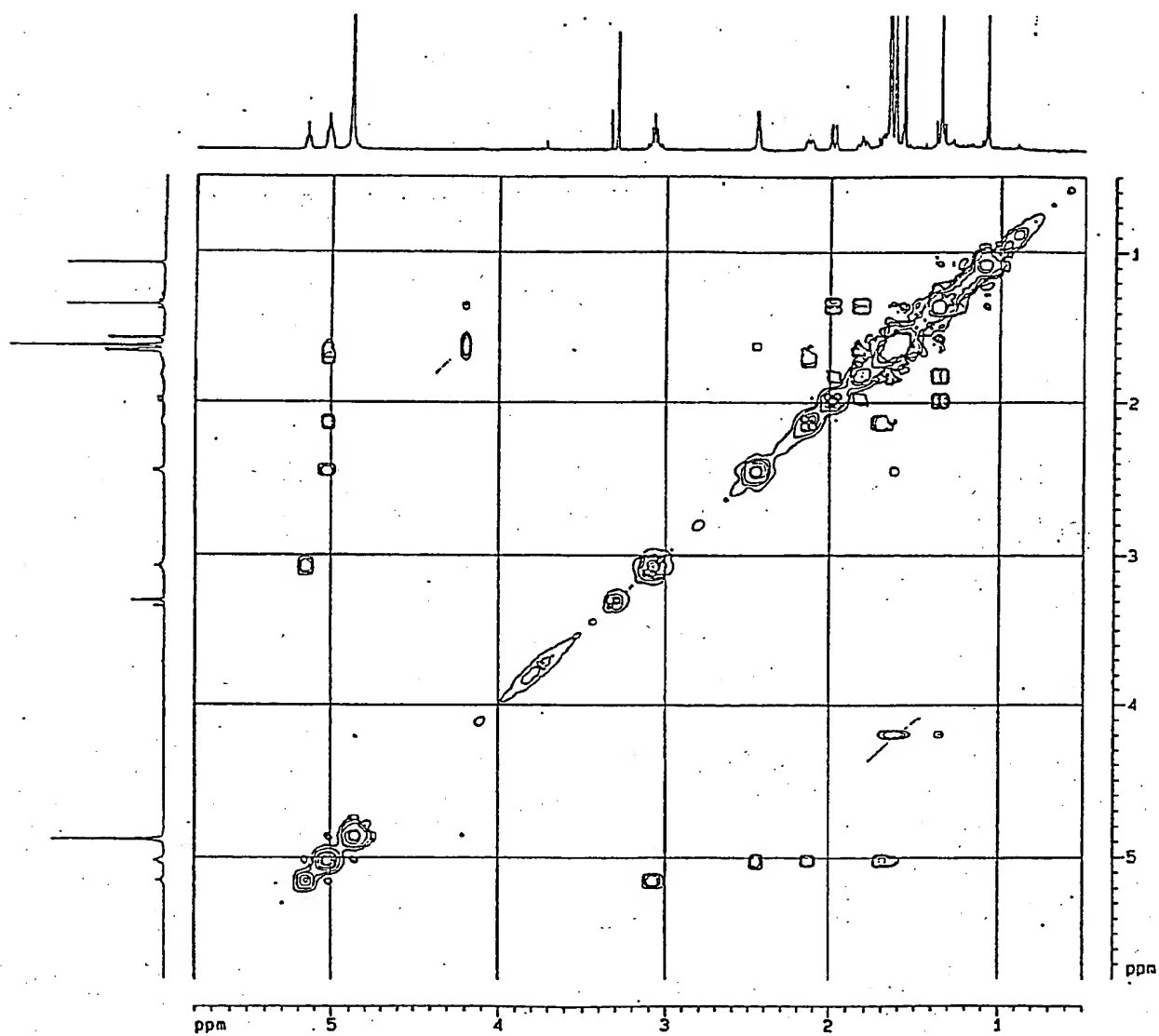


Fig. 1h

ERSATZBLATT (REGEL 26)



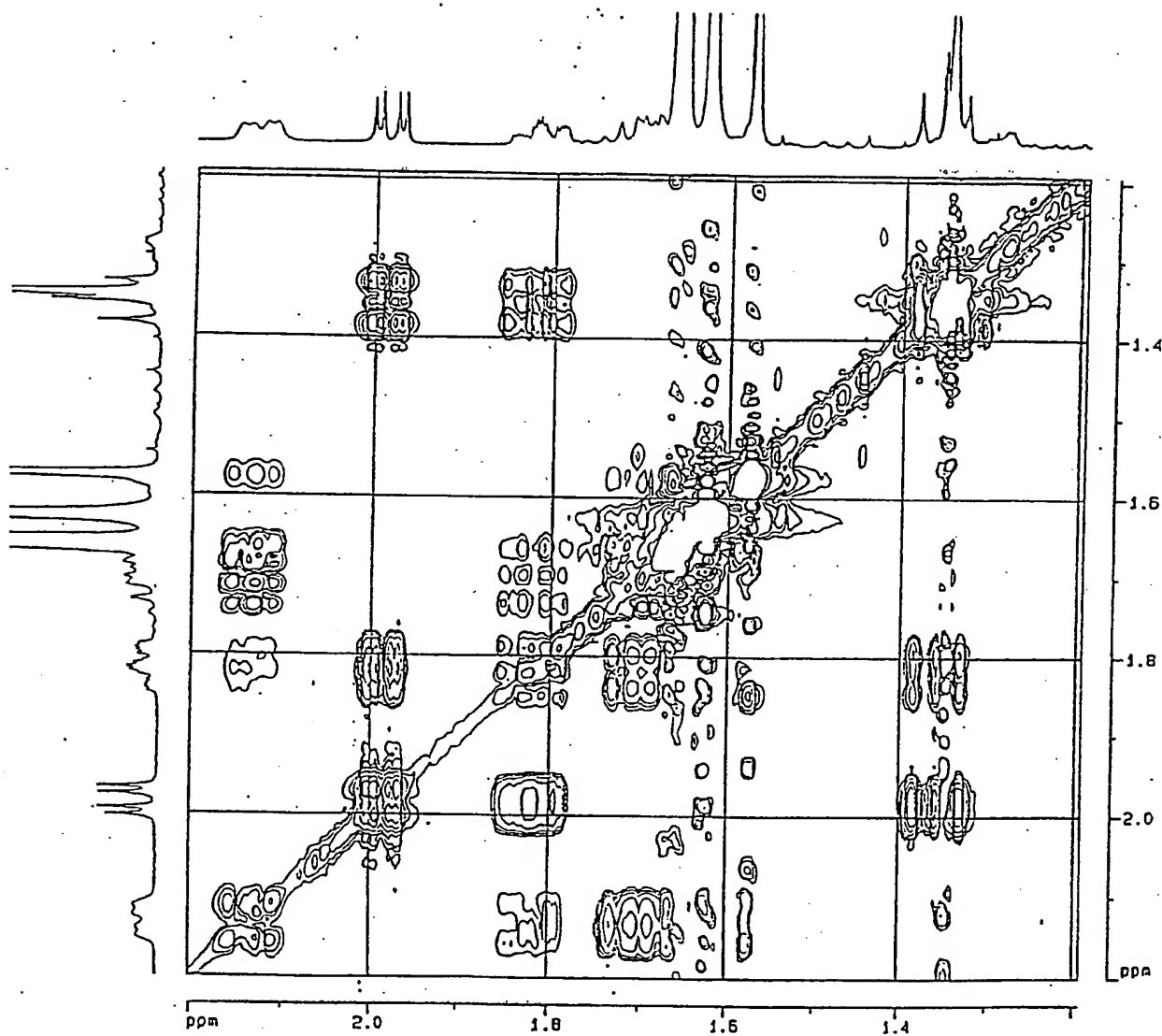


Fig. 1i

ERSATZBLATT (REGEL 26)

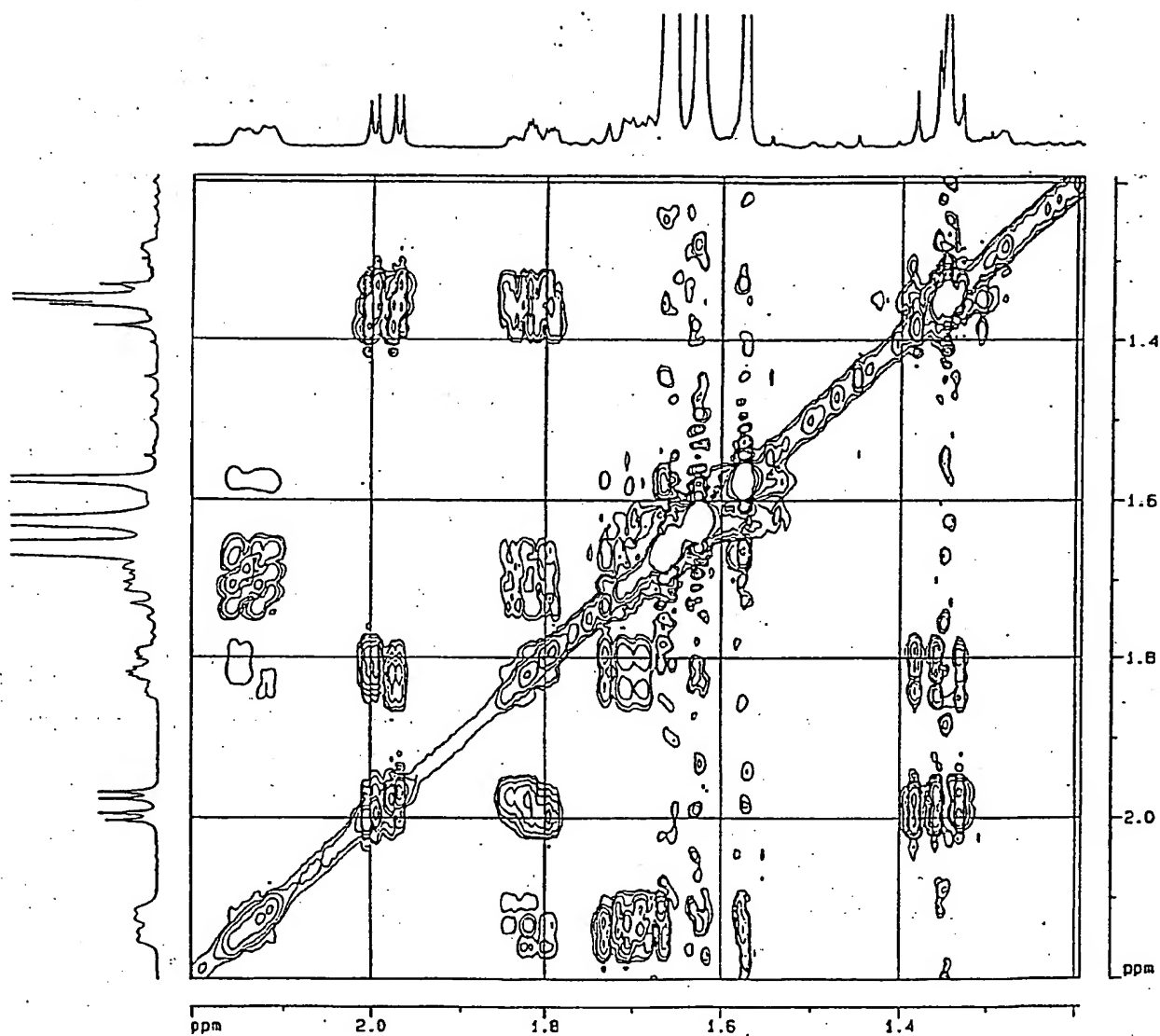


Fig. 1j

ERSATZBLATT (REGEL 26)

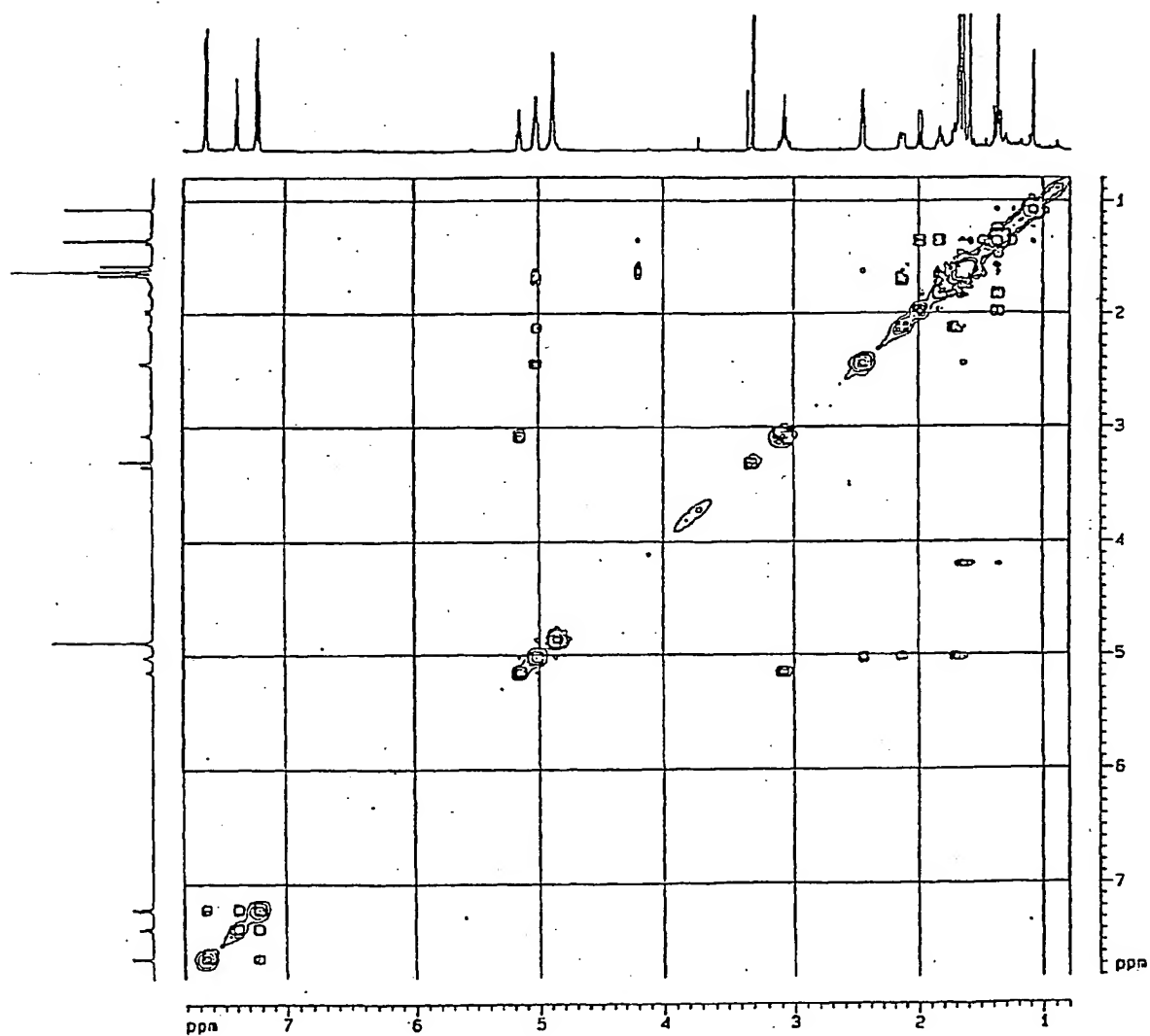


Fig. 1k

ERSATZBLATT (REGEL 26)

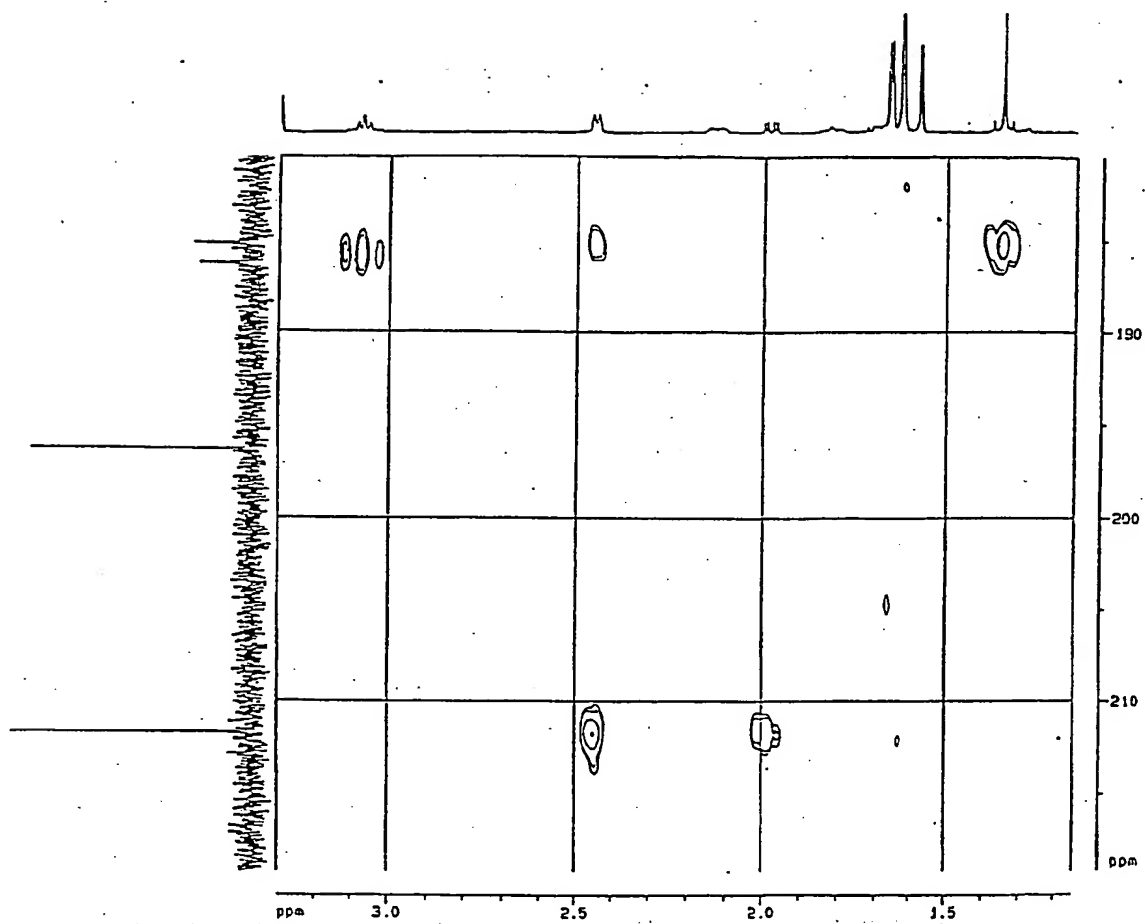


Fig. 11

ERSATZBLATT (REGEL 26)

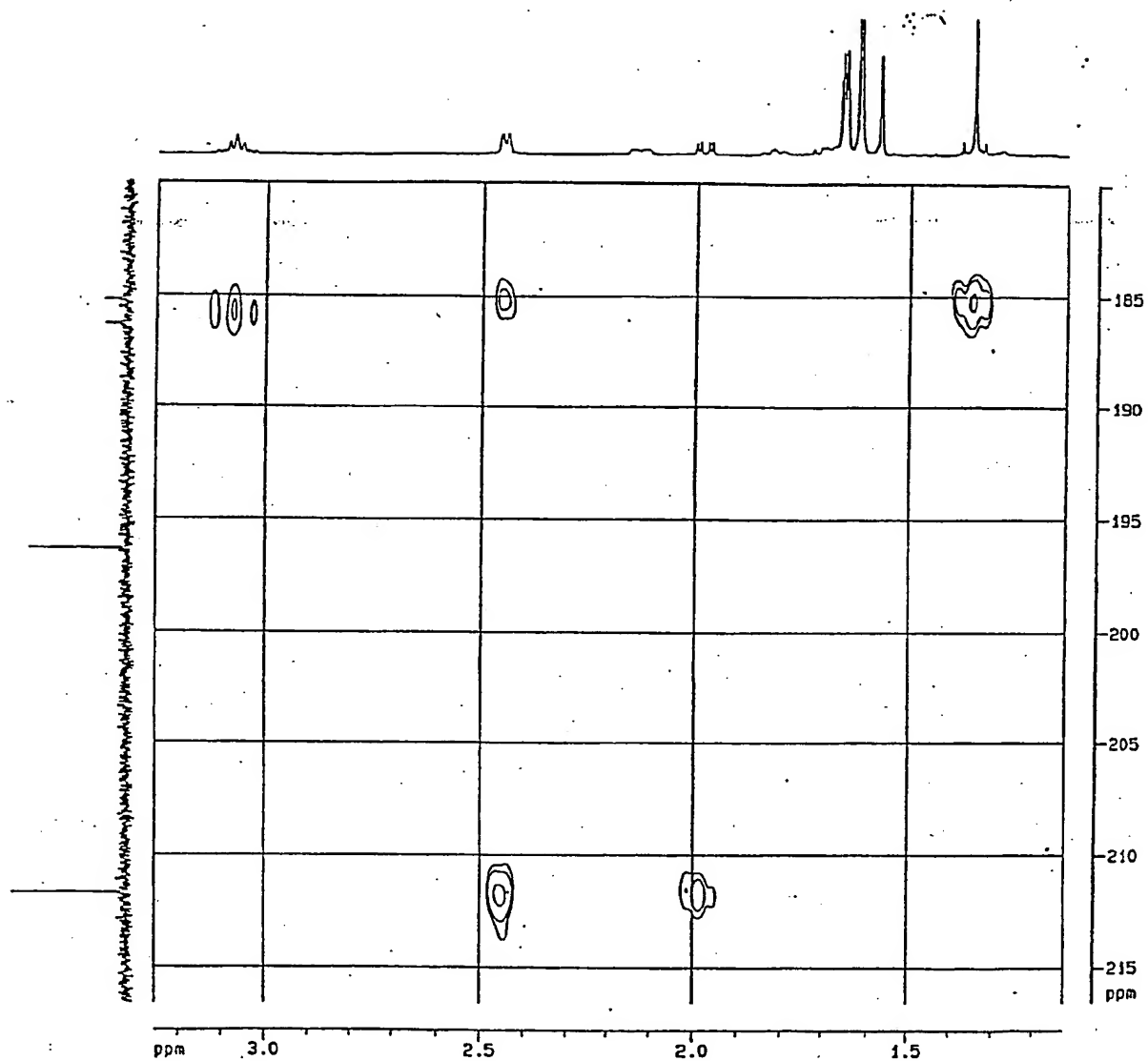


Fig. 1m

ERSATZBLATT (REGEL 26)

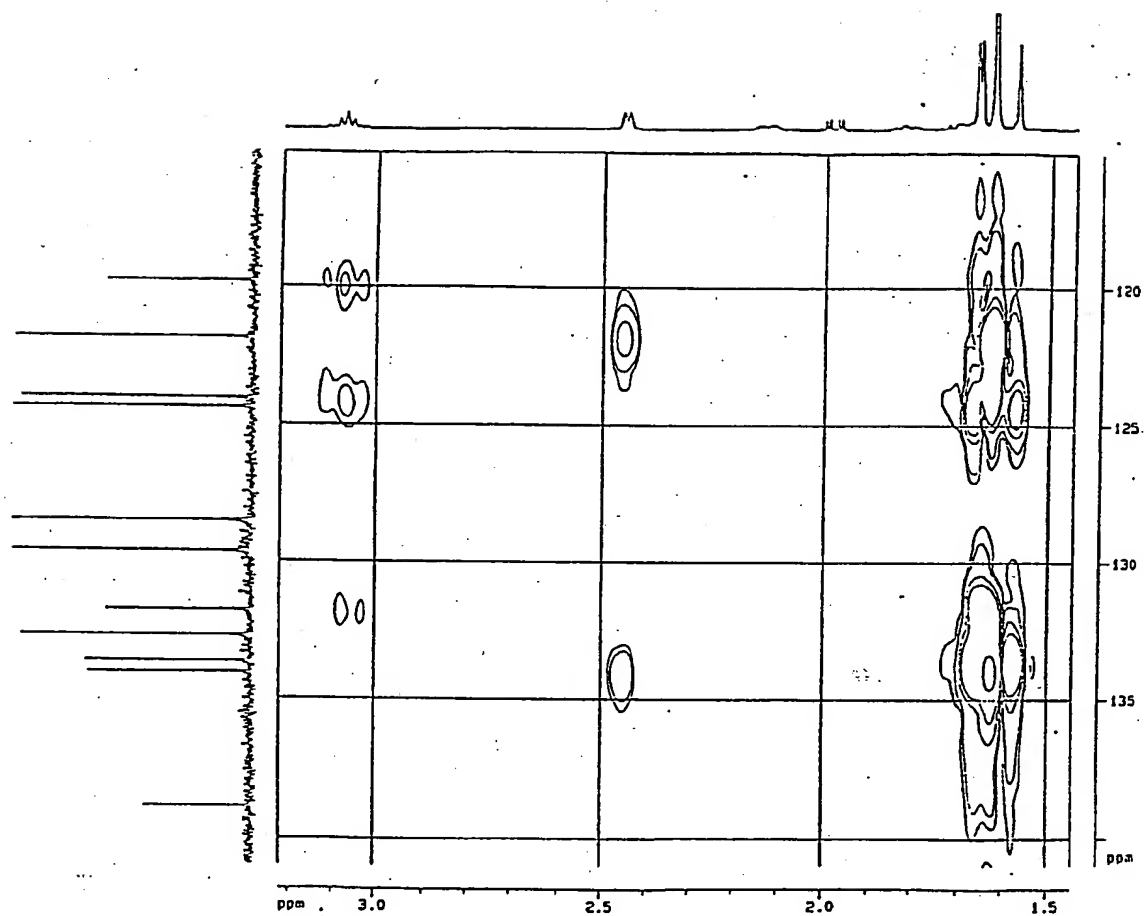


Fig. 1n

ERSATZBLATT (REGEL 26)

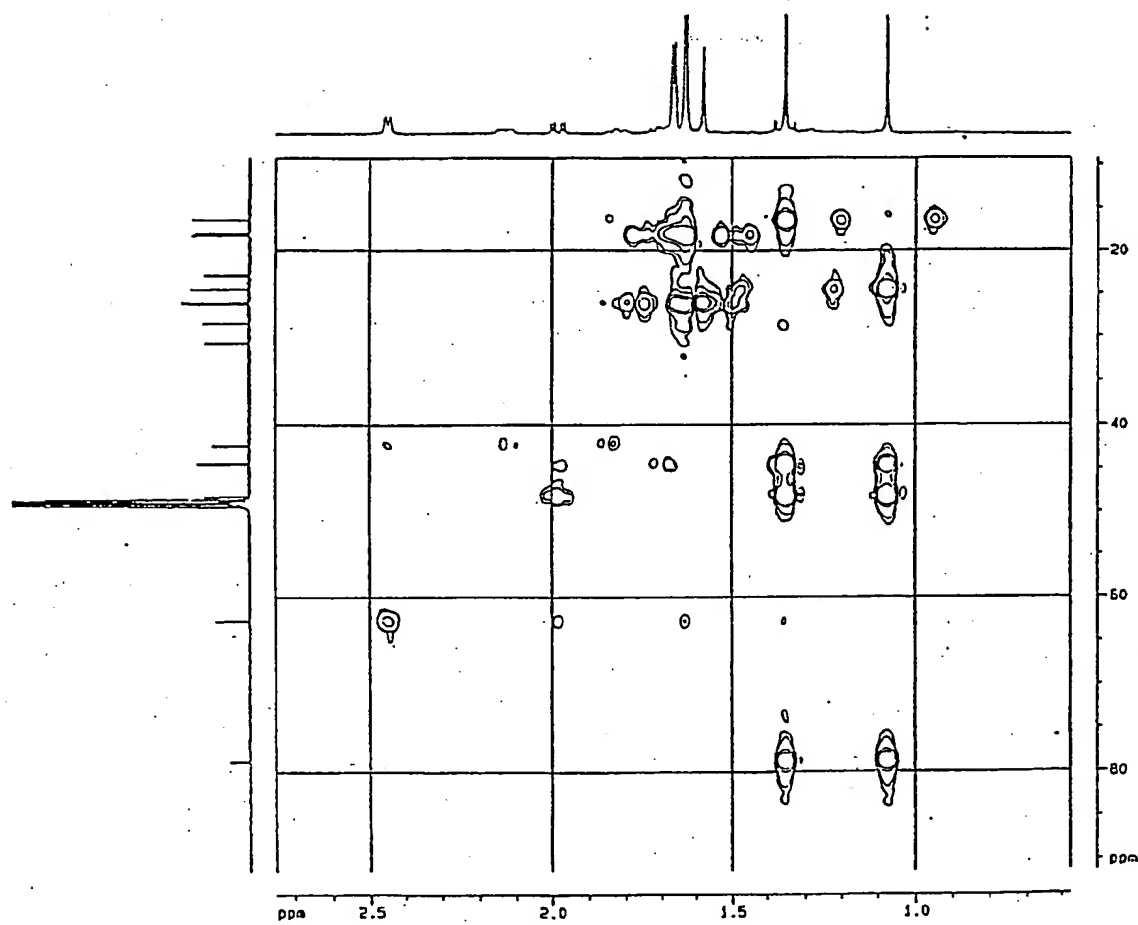


Fig. 10

ERSATZBLATT (REGEL 26)

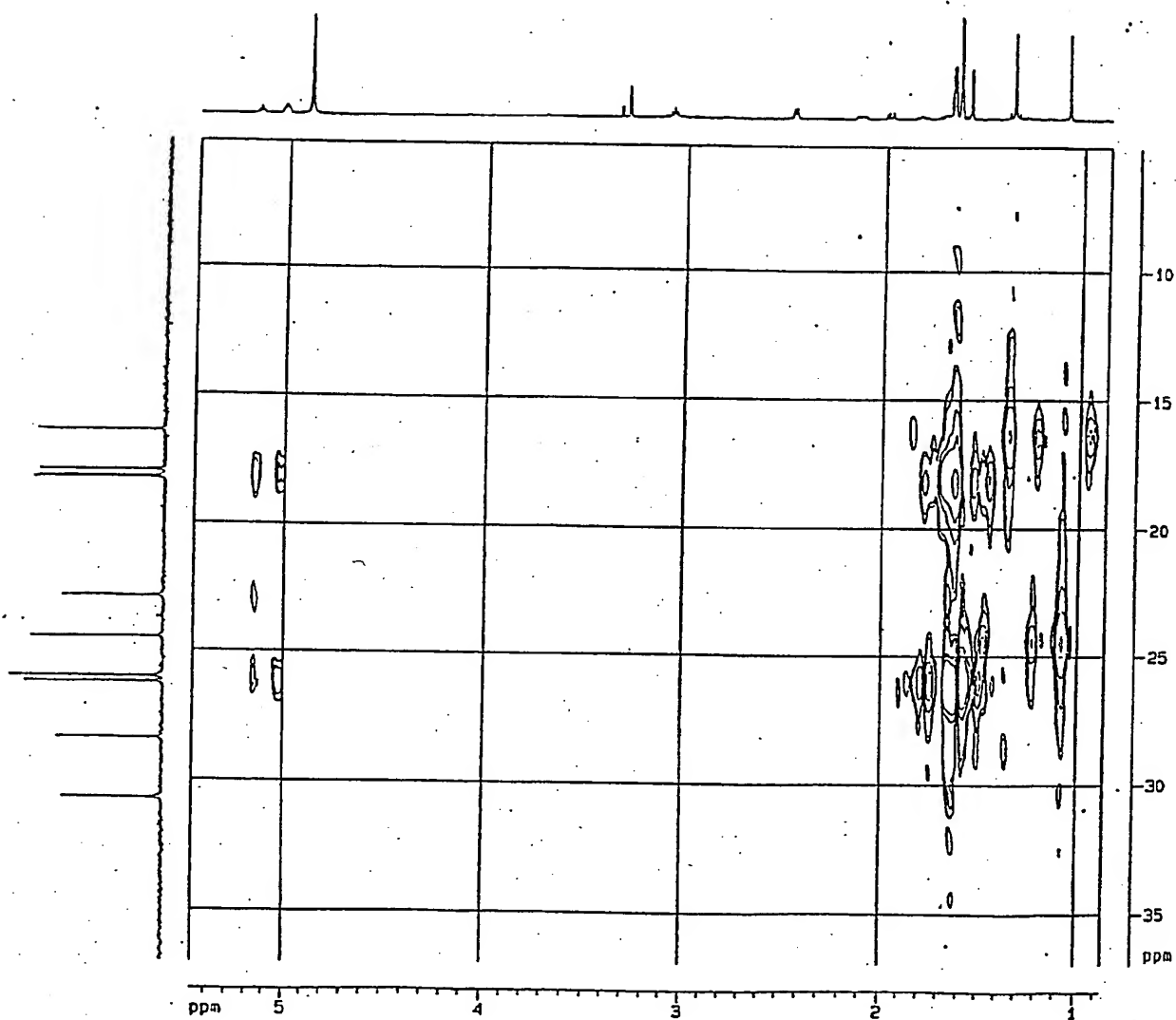


Fig. 1p

ERSATZBLATT (REGEL 26)



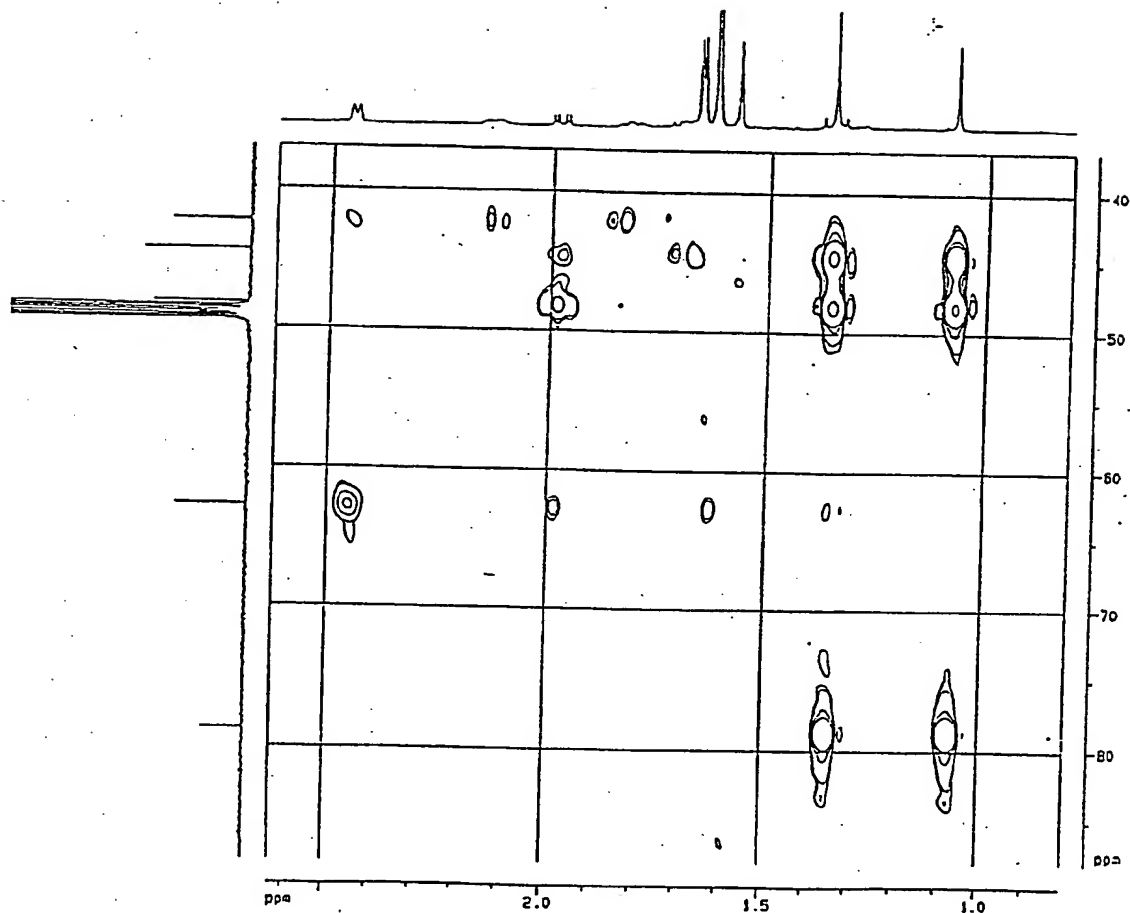


Fig. 1q

ERSATZBLATT (REGEL 26)

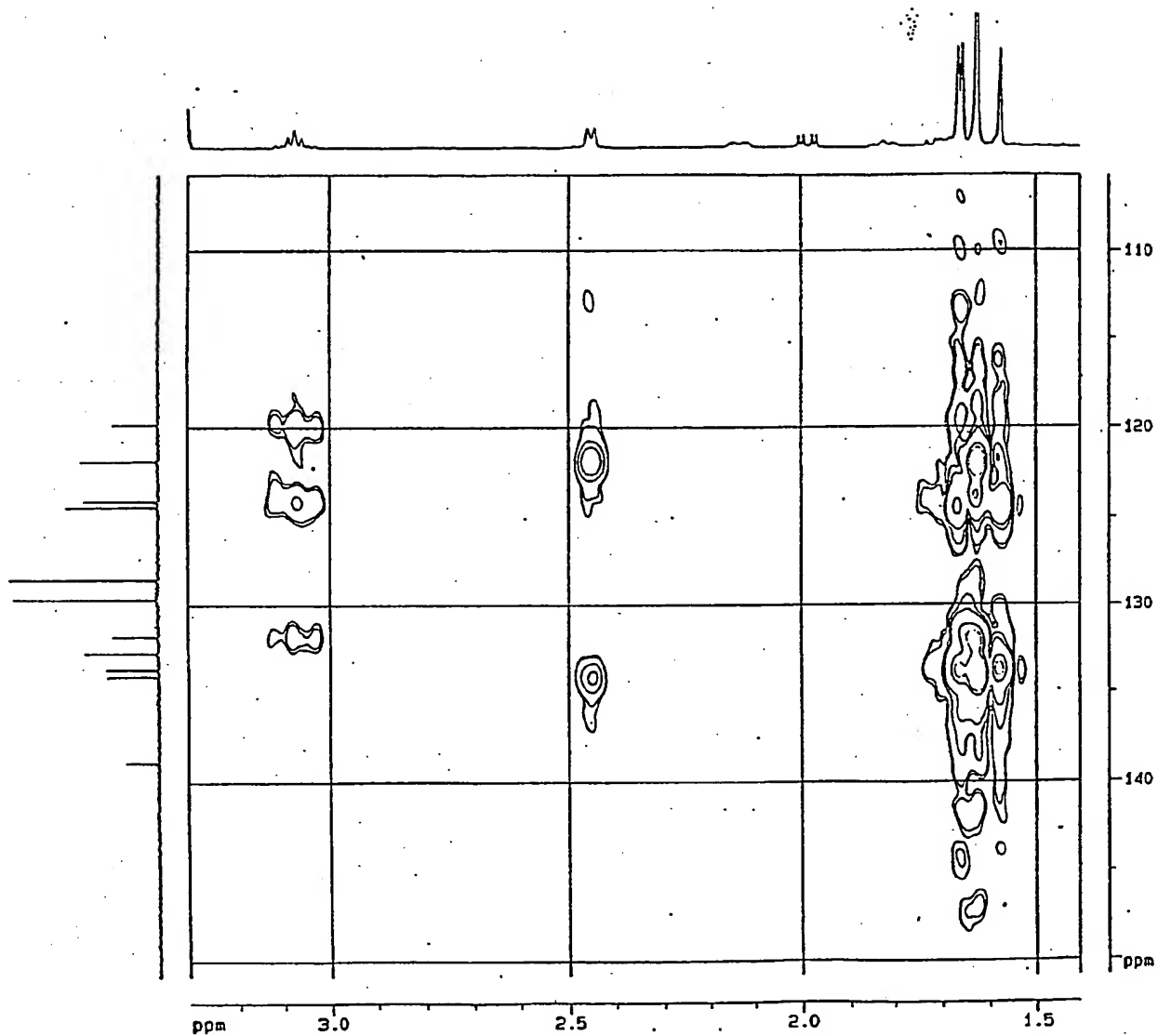


Fig. 1r

ERSATZBLATT (REGEL 26)

**JEGliche REFERENZ ZU FIGUR 2  
SOLLTE ALS NICHT-EXISTENT  
BETRACHTET WERDEN**

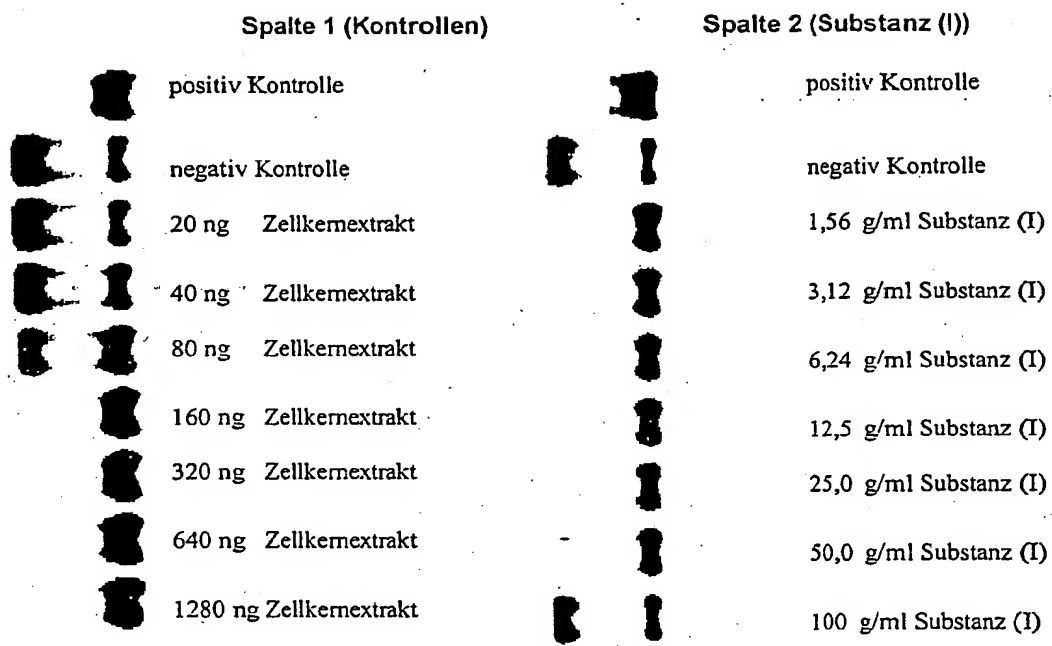
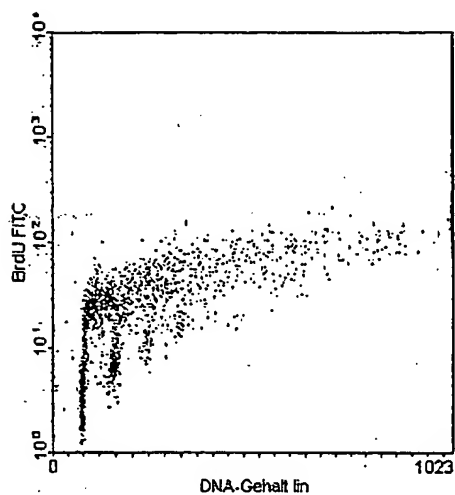
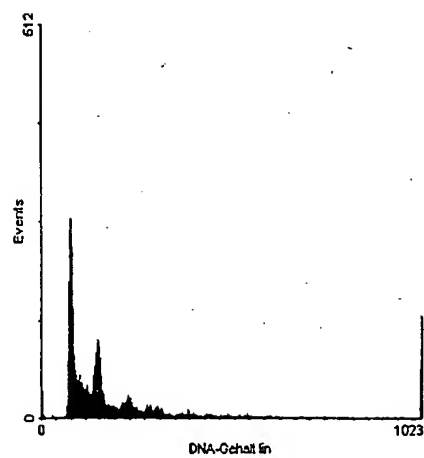


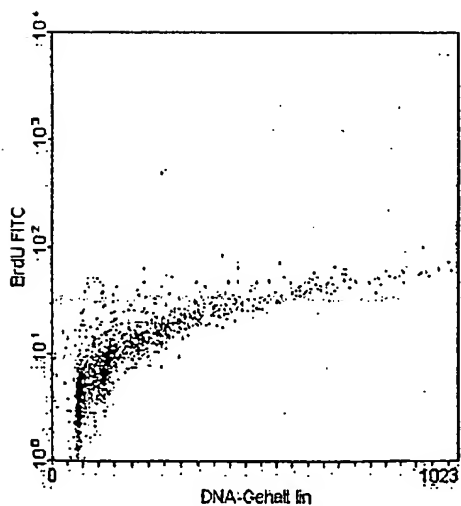
Fig. 3



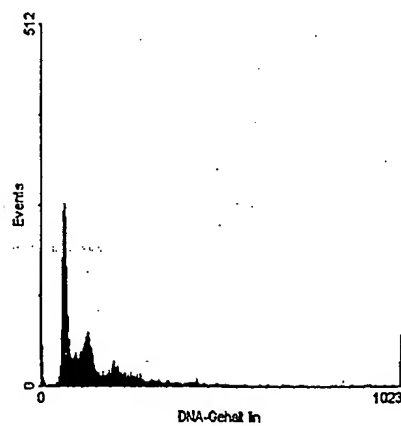
BrdU-Aufnahme



DNA-Gehalt

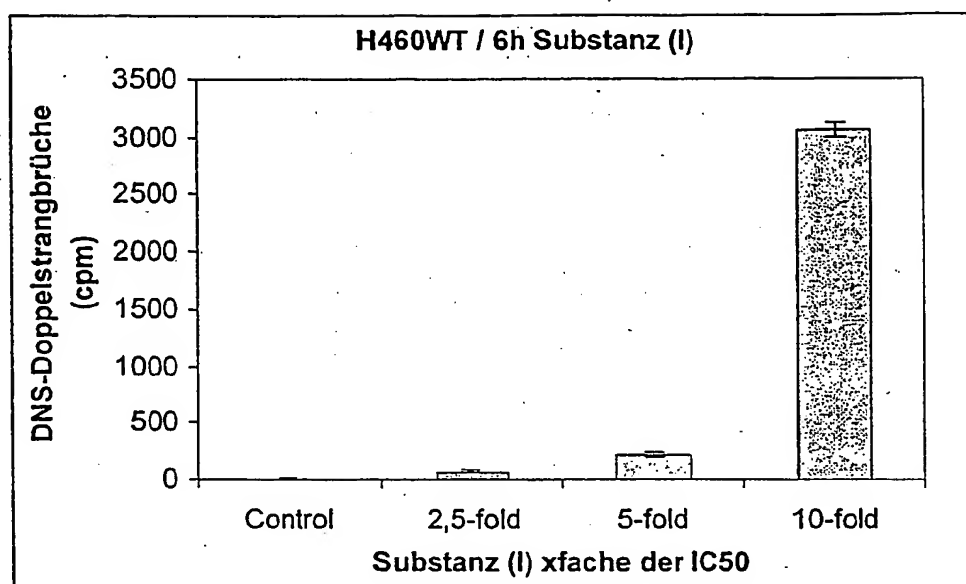
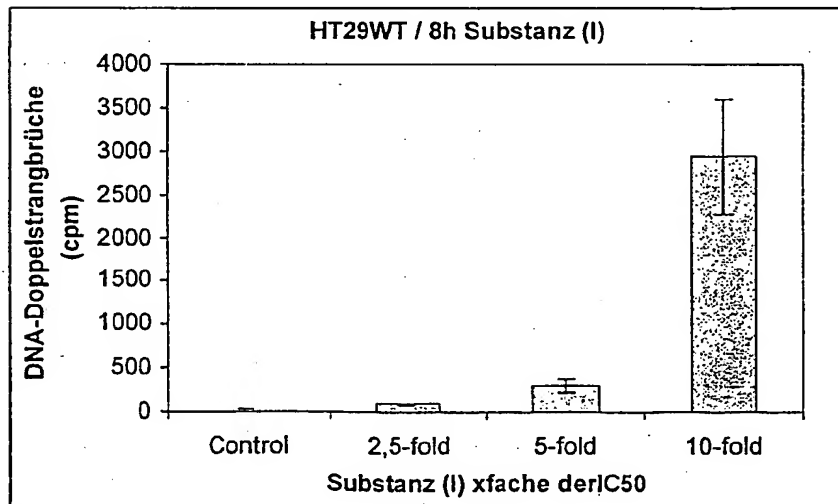
**Fig. 4a**

BrdU-Aufnahme



DNA-Gehalt

**Fig. 4b**

**Fig. 5****Fig. 6**

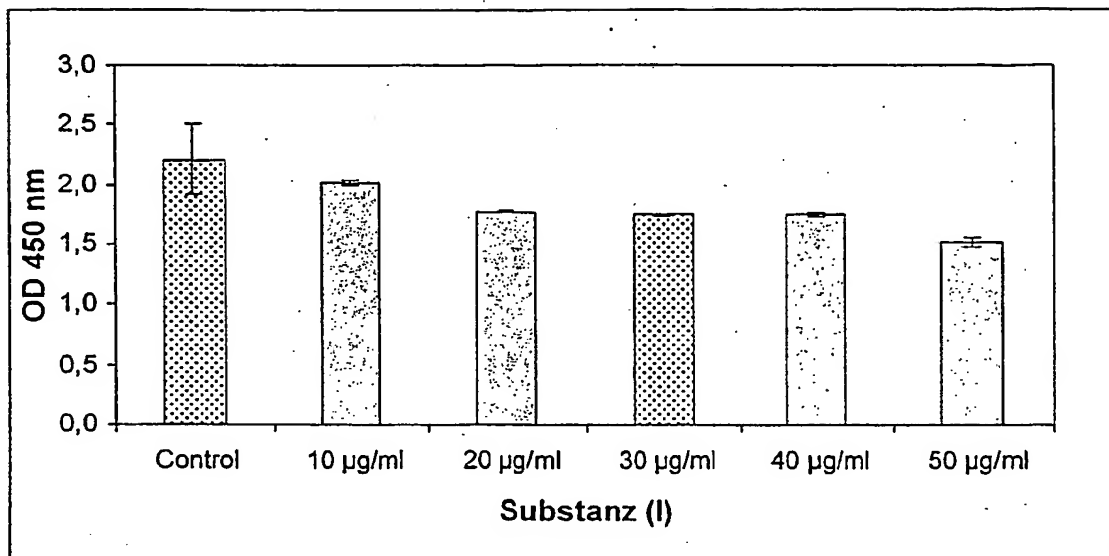


Fig. 7

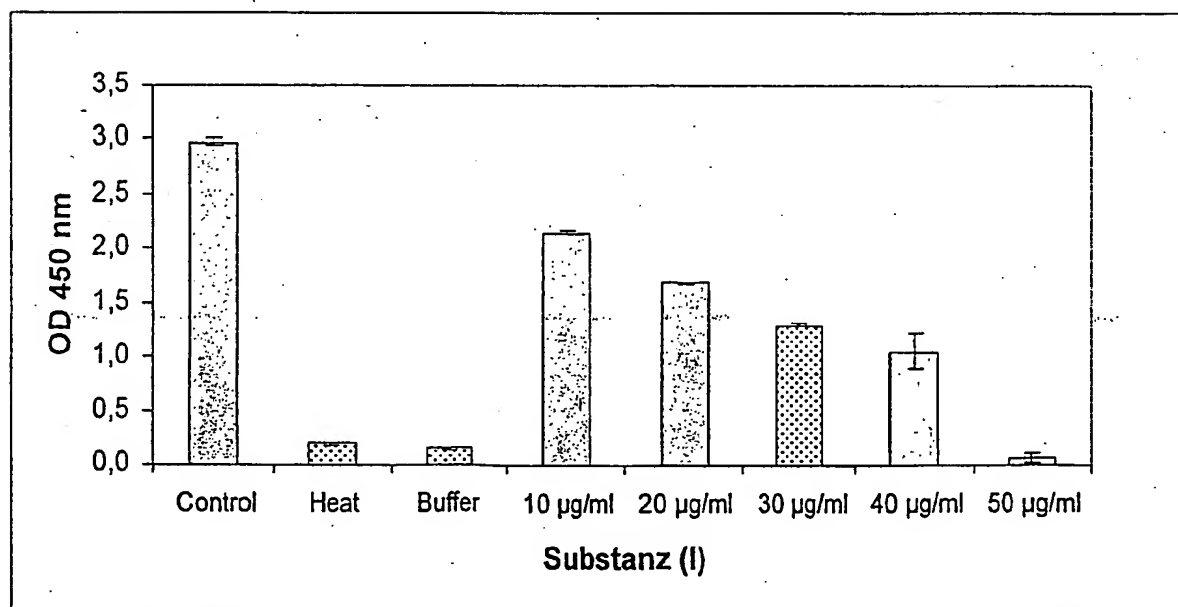


Fig. 8

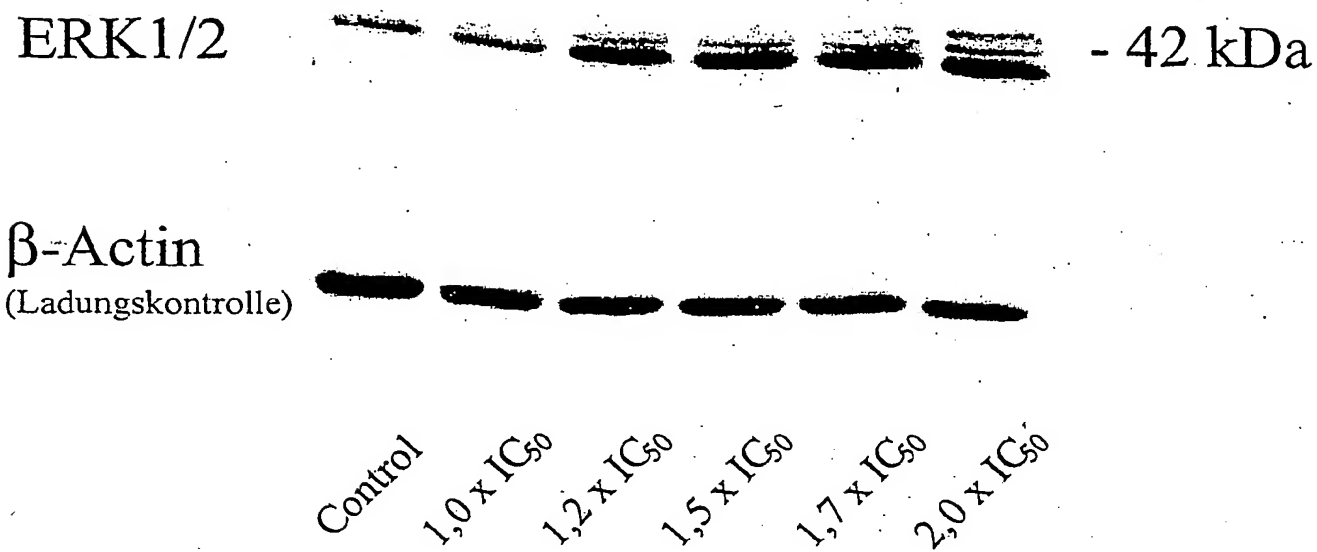


Fig. 9

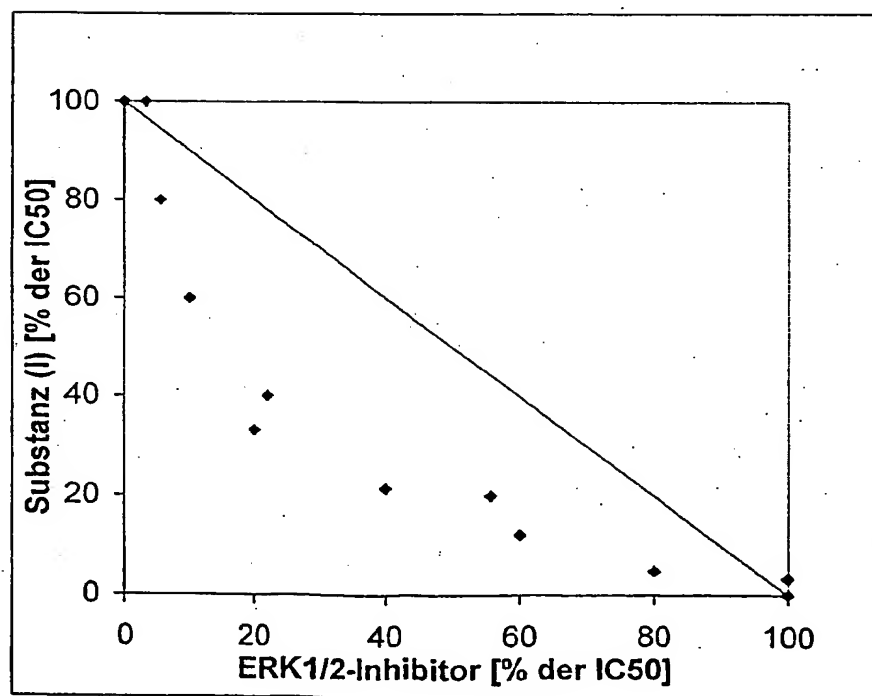


Fig. 10